

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

## **Návrh konstrukční úpravy zakružovacího stroje**

*Design of Roller Machine Structural Modification*

Student:

Bc. Radek Čermák

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava, 2012

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radek Čermák**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma: **Návrh konstrukční úpravy zakružovacího stroje**  
**Design of Roller Machine Structural Modification**

### Zásady pro vypracování:

Navrhnete konstrukční úpravy na zakružovacím stroji, případně vlastní konstrukční řešení, které povede ke zvýšení tuhosti konstrukce rámu. Optimalizujte stroj s ohledem na bezpečnost práce a vlastní ovládání. Práce bude obsahovat rozbor současného stavu, kontrolu navržených úprav a související výkresovou dokumentaci.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
- KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
- DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
- MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
- NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
- LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 1. vydání. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2003, ISBN 80-86490-74-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. května 2012

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na mojí diplomové práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst.3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сје́днано, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сје́днано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20. května 2012



Podpis studenta

Adresa studenta: Bc. Radek Čermák  
Lučina 68  
739 39  
Česká republika

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. ČERMÁK, R. *Návrh konstrukční úpravy zakružovacího stroje: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, 52s. Vedoucí práce: Ing. Kubín Tomáš, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukční úpravy zakružovacího stroje, která vede ke zvýšení tuhosti konstrukce rámu a optimalizuje stroj vzhledem k jeho stáří, odstranění závad a zajištění bezpečnosti práce při jeho ovládání. Cílem této práce je návrh zpevnění rámu stroje za účelem tuhosti stroje při skružování kuželů, a doplnit chybějící bezpečnostní prvky. Návrh je založen na několika hlavních silových výpočtech a kontrolních propočtech základních součástí zařízení. Zvolené technické řešení je z velké části řešeno zkušenostmi na samotném pracovišti. Pro tvorbu výkresové dokumentace bylo použito programu Inventor a jeho možností, včetně výpočtové části a metody MKP technologie ANSYS.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

Bc. ČERMÁK, R. *Design of Roller Machine Structural Modification: Master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, 52 pages, Thesis head: Ing. Kubín Tomáš, Ph.D.

This diploma thesis deals with the design of roller machine structural modification. The design leads to increase of the frame construction firmness and optimizes the machine considering its age. The design also results in removing defects and securing work safety while it is operated. The aim of this thesis is the design of machine frame stabilization for the purpose of firmness of the machine during cone rolling, and addition of missing safety elements. The design is based on number of the main static calculations and control calculations of the machine basic parts. The chosen technical solution results from its major part from workplace experiences. The Inventor program and its options, including calculation part and MKP method of ANSYS technology were used for creation of drawing documentation.

# 1      **Obsah**

0	Úvod [1] .....	9
1	Rešerše zakružovacích strojů .....	11
1.1	Správný postup při skružování .....	15
1.2	Provozní deník .....	16
2	Popis stroje .....	17
2.1	Technické údaje .....	17
2.2	Zpracování dokumentace .....	19
3	Měření .....	22
4	Konstrukční návrh úpravy rámu .....	25
4.1	Úvaha.....	25
4.2	Pevnostní analýza samostatného a zesíleného U140 plechem 8mm.....	26
4.3	Výpočet síly působící na rám.....	28
4.4	Pevnostní analýza původního rámu a zesíleného rámu.....	33
4.5	Pevnostní analýza obou rámuů se stolicemi .....	36
4.6	Technické provedení .....	40
5	Návrh provedení bezpečnostních úprav stroje.....	41
5.1	Kryty točivých částí.....	41
5.2	Mechanismus vypínání spojky .....	43
5.3	Umístění koncového vypínače zdvihu válce .....	44
5.4	Ovládání a elektroinstalace .....	45
5.5	Ostatní bezpečnostní prvky .....	46
6	Závěr.....	47
7	Poděkování.....	48
8	Citovaná literatura.....	49
9	Související dokumenty .....	50
10	Seznam obrázků.....	51
11	Seznam tabulek.....	52
12	Seznam příloh .....	52

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Označení	Jednotka	Význam
$a$	mm	rozměr
$aj.$	...	a jiné
$atd.$	...	a tak dále
$d$	mm	průměr válce
$F_k$	N	síla působící na kámen
$F_p$	N	úhlová síla působící na rám zakružovačky
$F_{pl}$	N	síla na plechu
$F_t$	N	třecí síla mezi válcem a plechem
$F_{t\ kam.}$	N	třecí síla mezi plechem a kamenem
$F_v$	N	výsledná kolmá síla působící na rám zakružovačky
$F_{vál.}$	N	síla působící na válci
$html.$	...	hypertext - HyperText Markup Language
$i$	...	převodový poměr
$MAG$	...	svařovací metoda Metal-Aktiv-Gas = kov-aktivní-plyn
$M_{k1}$	Nm	krouťicí moment na vstupu převodovky
$M_{k2}$	Nm	krouťicí moment na výstupu převodovky
$M_{k3}$	Nm	krouťicí moment na výstupu ozubeného převodu
$M_{k3výsl.}$	Nm	krouťicí moment na jednom válci
$M_{km}$	Nm	krouťicí moment na hřídeli elektromotoru
$max.$	...	maximálně
$min.$	...	minimálně
$n$	ot*min <sup>-1</sup>	otáčky
$obr.$	...	obrázek
$P$	kW	výkon motoru
$PA$	...	poloha svařování metodou vodorovnou shora
$PC$	...	poloha svařování metodou vodorovnou
$R_m$	...	mez pevnosti v tahu
$Tab.$	...	tabulka

<i>tj.</i>	...	to je
<i>tl.</i>	...	tloušťka
<i>viz.</i>	...	odkaz na
$\mu$	...	součinitel smykového tření



## 0 Úvod [1]

Zadání této práce vzešlo z potřeb firmy FERRMON, spol. s r.o. se sídlem na ulici Lešetínské v Ostravě - Kunčicích, která je výrobcem ocelových konstrukcí a technologických celků již 20 let nejen na českém trhu, ale i v zahraničí.

Její výrobní program je zaměřen převážně na ocelové konstrukce provozních hal, obchodních domů, jeřábových a mostních konstrukcí, technologických celků mobilních a stabilních betonáren, dopravníků, lyžařských vleků a lanovek. V současné době se může pochlubit s výstavbou Dómu v nově otevřeném obchodním centru „Nová Karolína“ nebo zastřešení tribun Jihlavského fotbalového stadionu.

Úzce spolupracujeme s rakouskou firmou DOPPELMAYER spol. s r.o. výrobou sloupů a příslušenství pro vleky a lanové dráhy nejen pro Českou a Slovenskou republiku, ale i do vzdálenějších částí světa jako je například Albánie nebo Mexiko. V České republice je pěkným příkladem naší práce osmimístná kabinová lanovka na Černou horu nazvaná „Černohorský expres“, kde jsme vyráběli sloupy a konstrukce stanic.

K této výrobě je zapotřebí mít strojní vybavení, s kterým zcela pokryjeme požadavky zákazníků tak, abychom jako firma byli co nejvíce soběstační a nemuseli dále kooperovat. Ne vždycky je však zapotřebí mít stroj nový, moderní, drahý, který nakonec nebude natolik využitý, aby byl efektivní. Mým případem je zakružovačka, na níž provádíme zakružování plechů do tloušťky 8 mm do tvaru válce, ale také kónusů. Tento stroj je využit pouze u dílců, kde nejmenší rádius skružení je mezi 200 až 450 mm. Na větší zakružované průměry a tloušťky plechů máme zakružovačku větší, přesnější a pevně zabudovanou.

Po dohodě s vedením firmy, konzultací s ředitelem výrobního provozu a ostatními pracovníky provozu jsem navrhl řešit ve své diplomové práci zakružovací stroj pro plechy do síly 8 mm typ XZM 2000/08. Používáme ho nejen pro stáčení válcových profilů, ale hlavně pro kónusové díly násypek a sil pro cementové hospodářství. V některých případech je možnost tyto kónusy vytvarovat lámáním na ohraňovacím lise (Obr. 1a), což je dle mého názoru estetičtější a při správném postupu efektivnější. Problémem je však poté usazení do válcového pláště, kdy vznikají velké mezery mezi válcovou plochou a rovnými hranami kuželu, které se musí vyvažovat. Pokud to profil dílce dovoluje, používá se výhradně varianta zakružovaná (Obr. 1b). Po vytvarování kužele je hlavním požadavkem jeho přesný tvar bez jakýchkoli vyboulenin, škrábanců a kosmetických vad. Proto je velmi důležité již při stáčení kužele dávat velký pozor, aby se plech ve válcích nezasekl a povrch nepodřel. Veškeré

povrchové závady (oděrky, broušené plochy, důlky od kladiva a nerovnosti povrchu) se většinou projeví až po nalakování. Před lakováním však nelze použít tmely, poněvadž při plnění a vyprazdňování sil plechy nerovnoměrně pracují. Jejich roztahováním a smršťováním by tmel odpadl, přesto že jsou tmely velmi přizpůsobivé. Taková reklamace je pak velmi těžce odstranitelná a po opravě vždy viditelná. Proto musí být veškeré části sil skruženy bez jakýchkoli povrchových vad.



*Obr. 1 Ukázka a) ohraňovaného a b) zakružovaného kužele*

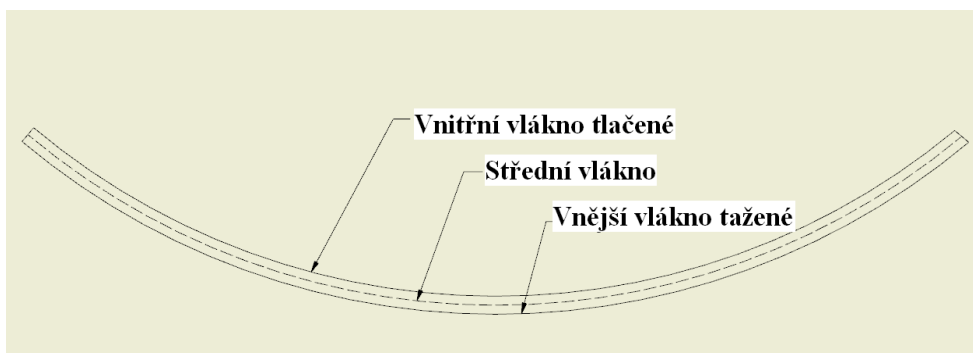
Hlavní problém, který však vznikl, je přímo v zakružovacím stroji. Poněvadž je se strojem manipulováno z důvodu místa a přizpůsobení pracoviště, nemůže být tento pevně zamontován a spojen s podlahou. Jeho konstrukce rámu však není stavěna pro skružování kuželů bez ukotvení k základu. Tím je způsobeno, že při práci se stroj krouží a chová nestabilně. Toto je viditelné při stáčení kuželů, kdy se hrana plechu opírá o brzdny kámen a zakružovací válce musí překonat tuto sílu. Aby se výpalek plechu protočil do osy skružování, musí se několikrát obsluha se skruženým dílem vrátit zpět. To provádí do doby, než plech překoná třecí sílu a srovná se do této osy. Při této práci bylo vyzkoušeno, že se vlivem sil nadzdvihává rám u silnějších plechů přibližně o 5 až 7 mm v rohu stroje vždy v protisměru, kterým se zakružuje. To působí negativně na ložiska válců a vůbec na celé ústrojí zakružovačky.

Navíc se na stroji projeví závady (Příloha 1) nejen z důvodu nestability rámu, ale i z důvodu špatné neodborné obsluhy. Jsou používány nestandardní způsoby, které vedou k poškození stroje. Proto provedu i popis správného postupu zakružování (1.1).

# 1 Rešerše zakružovacích strojů

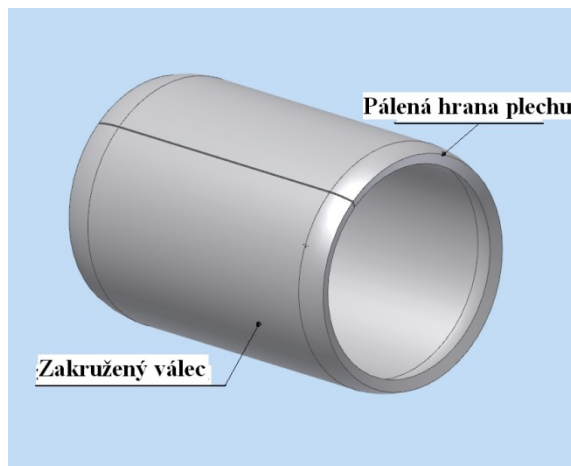
Zakružovačky jsou tvářecí stroje, na kterých se mění tvar plechu nebo profilu z rovného stavu do tvaru kruhu, oblouku, spirál, válců a kónusů. Dělíme je na ruční, strojní a dle toho, jaký materiál se na nich dá zakružovat – tj. profilové a na plechy [2]

Technologií skružování dochází při průchodu nástrojem k plastické deformaci příčného průřezu polotovaru. Základním principem je zde ohyb s vrstvami namáhanými tahem a tlakem (Obr. 2) Při propočtech délek plechů je vycházeno z délky středního vlákna tloušťky plechu a vnějšího nebo vnitřního průměru skružení.



Obr. 2 Silové poměry ve vrstvách zakružovaného materiálu

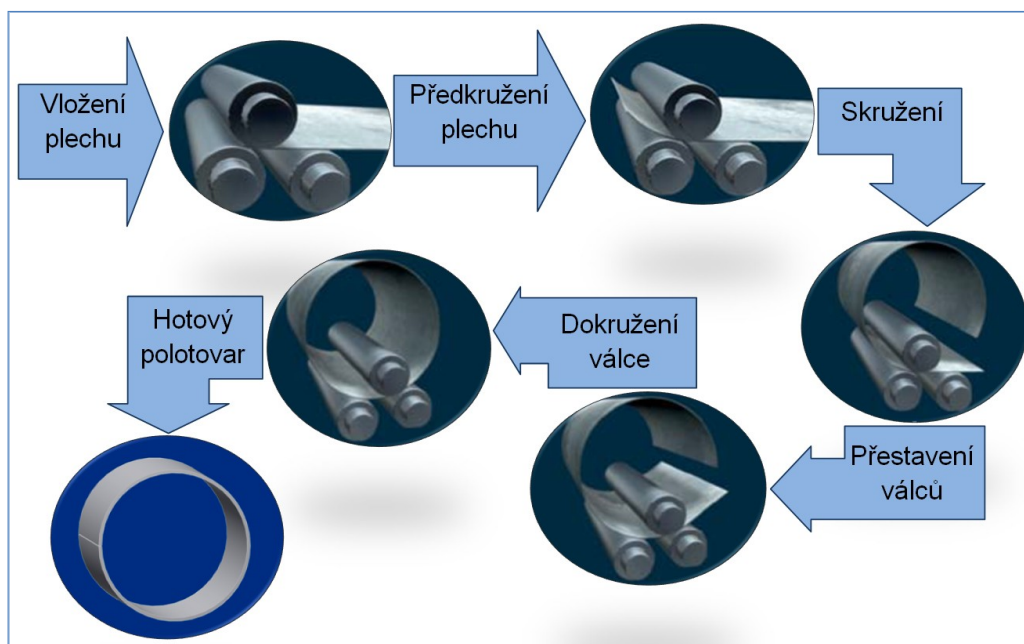
Úroveň deformací je zde zpravidla nižší než u ohýbání, odpružení tedy bude vlivem většího poměru pružně deformovaných vrstev výrazně vyšší. Velikost deformací závisí na druhu, jakosti a zpracování materiálu. Při nekvalitním zpracování (např. nerovnoměrném vyžihání) se materiál chová různorodě a je problematické skružit výrobek do přesného válcovitého tvaru. Taktéž zakalené hrany tenkostěnných plechů (cca do tloušťky 6 mm) po jeho vypálení nemají dobrý vliv na kvalitu skružení a projeví se tzv. soudkovým efektem.



Obr. 3 Soudkový efekt zakrouženého plechu

Skružování probíhá zpravidla mezi třemi či čtyřmi válci, z nichž jeden nebo dva válce jsou poháněny a ostatní jsou přitlačné. Základem je:

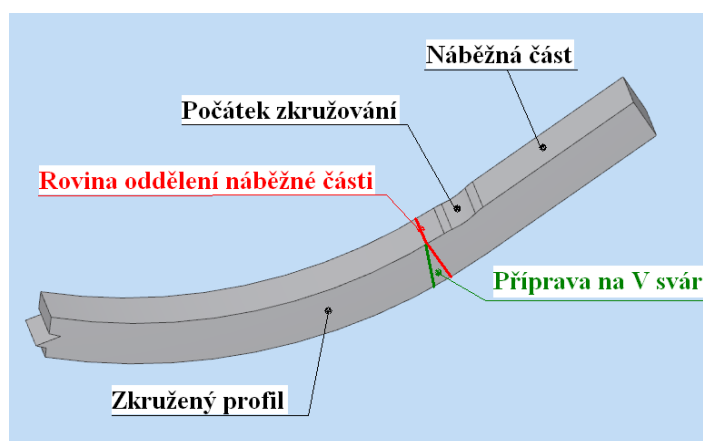
**a) princip tříválnového zakružování s přitlakem spodních válců (Obr. 4)**



Obr. 4 Postup stáčení plechů v tříválnové zakružovačce s ovládáním spodních válců [3]

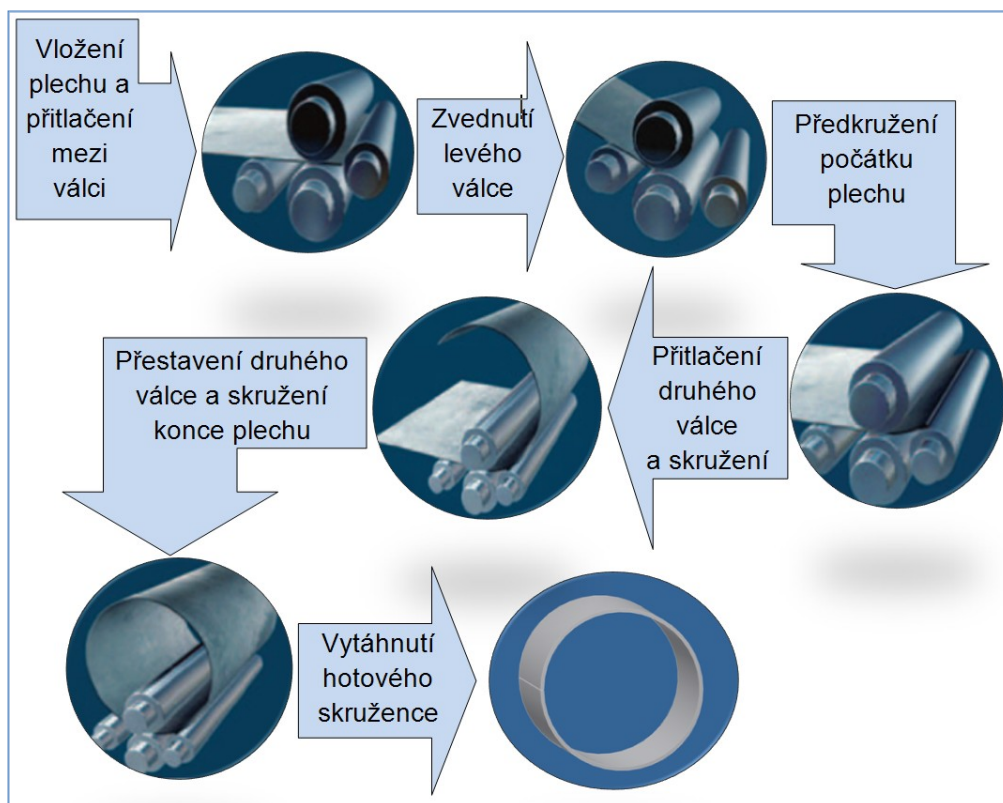
**b) princip tříválnového zakružování s přitlakem vrchního válce**

Princip je umístěním válců stejný jako v předchozím případě, ale liší se tím, že lze přestavit polohu pouze vrchního válce ve směru vertikálním a spodní jsou pevné. Válec se ke spodním dvěma přitahuje s konstantní vzdáleností a z toho důvodu na tomto typu zakružovačky nelze provádět přikružování počátku plechu a zůstává rovná část tzv. náběh (Obr. 5).



Obr. 5 Vzniklá náběžná část a její oddělení před uzavřením do válce

**c) princip čtyřválcového zakružování (Obr. 6)**



*Obr. 6 Postup stáčení plechů v čtyřválcové zakružovačce [4]*

Rozdíl mezi tříválcovým a čtyřválcovým zakružováním je v tom, že plech je u čtyřválcu pevně sevřen mezi středovými válci. Oba postranní válce je možno nastavit tak, aby bylo zakružování rovnoměrné na obou stranách od středu válce. Tím se dosáhne větší přesnosti kruhovitosti a je možno stáčet větší tloušťky plechů.

Pro zakružování je rozhodující šířka plechu, tloušťka zakružovaného materiálu a poloměr skružení. Dle těchto parametrů se rozhoduje, zda je možno na materiálu skružení provést a na jakém stroji. U menších tloušťek (do 3 mm) není nutno dávat přídavek na začátcích (náběžích) plechů. Konce válce se po předkružení svaří vzájemně v rovině, a provede se kalibrace válce. U síly nad cca 18 mm je tento přídavek nutno dát. Provede se předkružení obou stran plechu a náběhy se odpálí a upraví (Obr. 5). Velikost přídavku je dána vzdáleností osy obou válců. Po zavaření se poté provede kalibrace. U čtyřválcové zakružovačky je nutno dávat pozor na stlačování středních válců. Při větším stlačení by došlo k deformaci plechu. Jeho nechtěné zvětšení průměru nebo ovality rozválcováním je poté neopravitelné.

Existuje velké množství druhů zakružovacích strojů od různých světových výrobců, jako jsou např. DURMAZLAR, DAVI PROMAU, GEKA, STAM, COMACA, ROUNDO, BOW, HACO a jiné. Jejich škála je také dána jejich zakružovacími možnostmi, poněvadž nejen plechy (Obr. 7), ale i různé profily (Obr. 8) se upravují technologií zakružování. Záleží vždy na tom jaký profil (H, I, U, L, O atd.) je zakružován, poněvadž je nutno k danému profilu vždy přizpůsobit tvar zakružovacích válců (matrič) které zabezpečí, že se při ohybu nezboří stěny profilu nebo jinak nezdeformují víc, než je požadováno. Tam, kde již není možno zakružovat normálním způsobem, se z důvodu silových poměrů v zakružovaném materiálu používá předehřev. Tento odstraňuje nežádoucí pnutí a umožní skružení provést. Na to jsou však již jen určité firmy, které se tímto zabývají a toto skružení je mnohonásobně dražší. Předehřívání se provádí tzv. indukčním ohřevem.

Ke všem druhům zakružovaček jsou dodávány různá příslušenství, která napomáhají udržet tvar polotovaru (Obr. 7). Je možno stáčet materiál do spirálových tvarů, přidržovat je v určité poloze a zachovávat co nejpresněji tvar profilového materiálu.



*Obr. 7 Ukázka 4 válcové zakružovačky plechů Roundo PAS 360 x 6000 s opěrami [5]*

Metoda skružování není složitá. Obsluha musí být bezpodmínečně dobře seznámena jak se strojem, také i s technologií, jakou se má stáčení provádět. Je třeba předvídat problémy, které mohou nastat. Důležitým předpokladem pro obsluhu je mít zkušenosti s materiálem a ovládáním stroje. Při předkružování je nutné vědět, zda tloušťka materiálu odpovídá parametrům stroje, poněvadž je stroj při tomto úkonu značně namáhán a je zde velké riziko poškození.





*Obr. 8 Zakružovačka profilů Roundo R-72-S (4)*

## **1.1 Správný postup při skružování**

Správným postupem práce je stroj chráněn proti nadměrnému opotřebení a poruchám. Tento postup je následující:

1. Zapnutí stroje a jeho kontrola, protočení bez materiálu, kontrola zdvihů a nastavovacích prvků
2. Příprava materiálu – zjištění parametrů a možnosti skružení
3. Vložení materiálu do válců
4. Přitlačení válce
5. Spuštění pojezdu materiálu
6. Předkružení prvního konce materiálu
7. Přejetí na druhý konec materiálu
8. Opakování předkružení na druhém konci materiálu
9. Najetí na střed skružení
10. Přitlačení válce a započetí postupného skružování
11. Postupné přitlačování a kroužení až do uzavření skružení
12. Provést sestehování, předvaření a kalibraci
13. Po ukončení stroj očistit, vypnout
14. Provést záznam do deníku stroje o jeho stavu, poruchách, mazání, obsluze
15. Stroj uzamknout a klíč odevzdat

## **1.2 Provozní deník**

U stroje je veden provozní deník, kde při použití stroje musí být proveden záznam o jeho spuštění, kontrole, samotné práci a opravách a údržbě.

Jakýkoli úkon, který je na stroji prováděn by měl být stručně popsán a vyhodnocen, zda je stroj pořádku či nikoli.

Jsou zde záznamy o mazání, čištění, seřizování, revizích a výměně olejů, z kterých je nadále sestavován plán oprav a údržby.

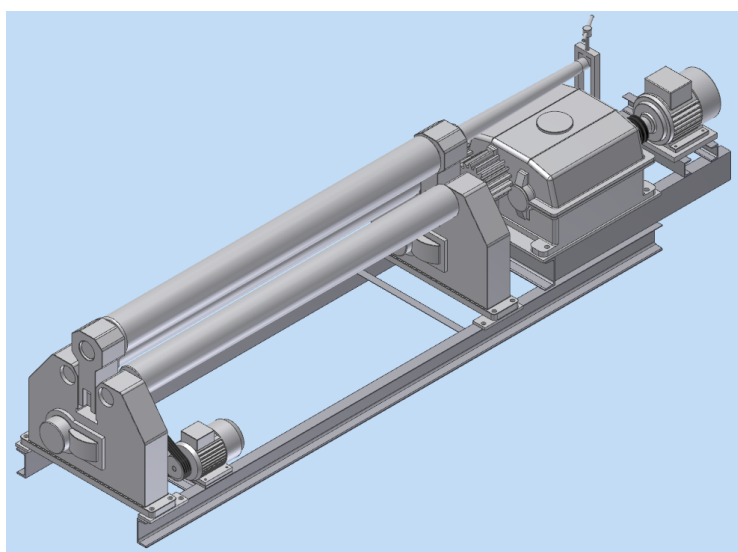
Důležitý je záznam o seznámení a řádném proškolení obsluhy, který musí být před započetím práce na stroji proveden a podepsán. Tento pracovník musí absolvovat nejméně jednou za dva roky opětovné přeškolení. Pokud tak není učiněno, nesmí stroj obsluhovat.



## 2 Popis stroje

Zakružovačka, o které bude probíhat celá diplomová práce je z roku 1983 a není k ní žádná originální technická dokumentace. Aby stroj mohl být provozován dle ČSN 21 0316 (*Tvářecí stroje. Tří a čtyřválcové zakružovačky*) a ISO 9001, byl vypracován dle podobného stroje [6] k němu základní manuál k provozu, jeho možnostech a doplněn elektrorevizní zprávou dle ČSN 33 1500 (*Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení*).

### 2.1 Technické údaje



Obr. 9 Náčres 3D původní skružovačky

#### Typ: Zakružovačka plechů XZM 2000/08

- **Maximální tloušťka plechu** 8 mm
- **Maximální délka skružení** 2000 mm (platí pro  $R_m = 500$ )
- **Průměr válců** - horní 195 mm  
- spodní 170 mm
- **Minimální průměr skružení** 210 mm
- **Rychlost zakružování** 8,79 m/min
- **Počet válců** 3
- **Základní rozměry** 3600 x 900 x 1200

- **Pohon**
  - Hlavní elektrický – 2 elektromotory  
otáčení válců SIEMENS typ 1LA7133 –  
4AA, 7,5kW, 1455ot.min
  - Vedlejší zdvih válce MEZ Mohelnice motor  
1,1kW, 960 ot. \* min-1
- **Ovládání manuální** Ruční tlačítkový ovladač
- **Mazání**
  - Převodovka hlavní náplň olej PP 90  
výměna co 4 roky
  - Převodovky zdvihů válce – stálá náplň  
olej PP 90 – výměna co 4 roky
  - Ložiska válců maznicí – vazelína NH 2
  - Převod ozubení mezi převodovkou a  
válcí – ručně vazelínou NH 2 měsíčně
- **Převody**
  - Hlavní převodovka čelní ozubená  $i = 80$
  - Převod zdvihu válců šnekový  $i = 220$
  - Převod klínovým řemenem  $i = 2,25$
- **Umístění** Hala přípravy výroby
- **Bezpečnost**
  - Nevyhovující elektrické zabezpečení
  - Chybí zabezpečení otáčejících se částí  
proti zachycení
- **Parametrické vlastnosti**
  - Průměr skruženců od 230 mm do 4500 mm
  - Délka skruženců max. 2100 mm
  - Tloušťka plechu od 0,5 mm do 8 mm
  - Materiál ocel 11.375 až 11.523 (S235 až S355)
- **Funkční vlastnosti**
  - Bez předhybu krajů
  - Možnost náklonu válců
  - Přítlak pouze vrchním válcem
  - Sklopné ložisko vrchního válce pro  
vytažení skruženého uzavřeného tvaru
  - Vše ručně ovládané

## 2.2 Zpracování dokumentace

Mým úkolem bylo získat původní dokumentaci, se kterou bych nadále pracoval. Oslovil jsem nejen původního výrobce stroje „Strojárne Piesok“ a několik dalších firem kteří nabízejí skružování na tomto typu zakružovačky - ale bezvýsledně. Žádný z nich se ani řádkem i po opakované výzvě neozval. Konkrétní informace a dokumentaci o stroji jsem však nezískal.

Nakonec mě nezbylo nic jiného, než se postupně se svými spolupracovníky pustit do demontáže stroje (Obr. 10) se záměrem jej rozměrově zkreslit, zkontrolovat, a přitom odstranit některé závady (viz. foto Příloha A). Postupně jsem získával detaily funkčních částí stroje, z nichž jsem provedl zkreslení výkresové dokumentace. Ze získaných parametrů jsem vypočítal rychlost skružování a síly působící při skružování, což využiji k dalšímu zpracování.

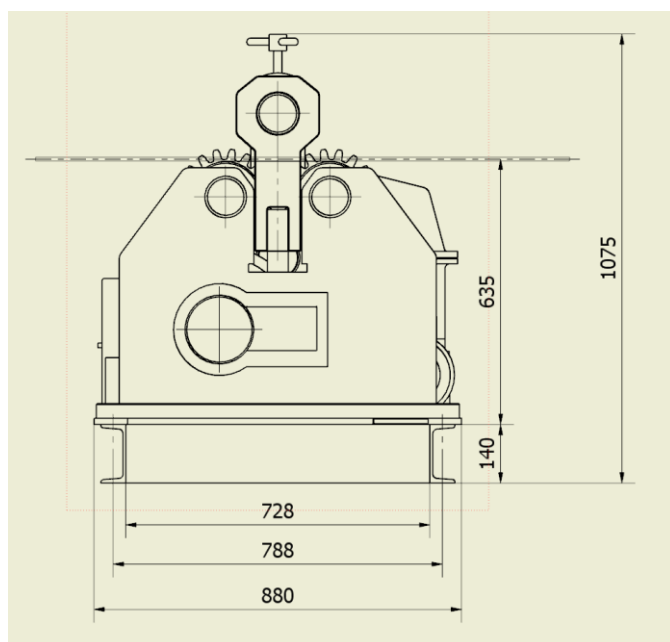
Zaměřoval jsem se hlavně na základní rám stroje pod válci zakružovačky, rozměry stroje a jednotlivých komponentů. Mým úkolem je odstranit nebo co nejvíce zmírnit kroucení rámu zakružovačky při stáčení kónusových dílů a navrhnout odstranění zjištěných závad včetně nedostatků bezpečnosti.



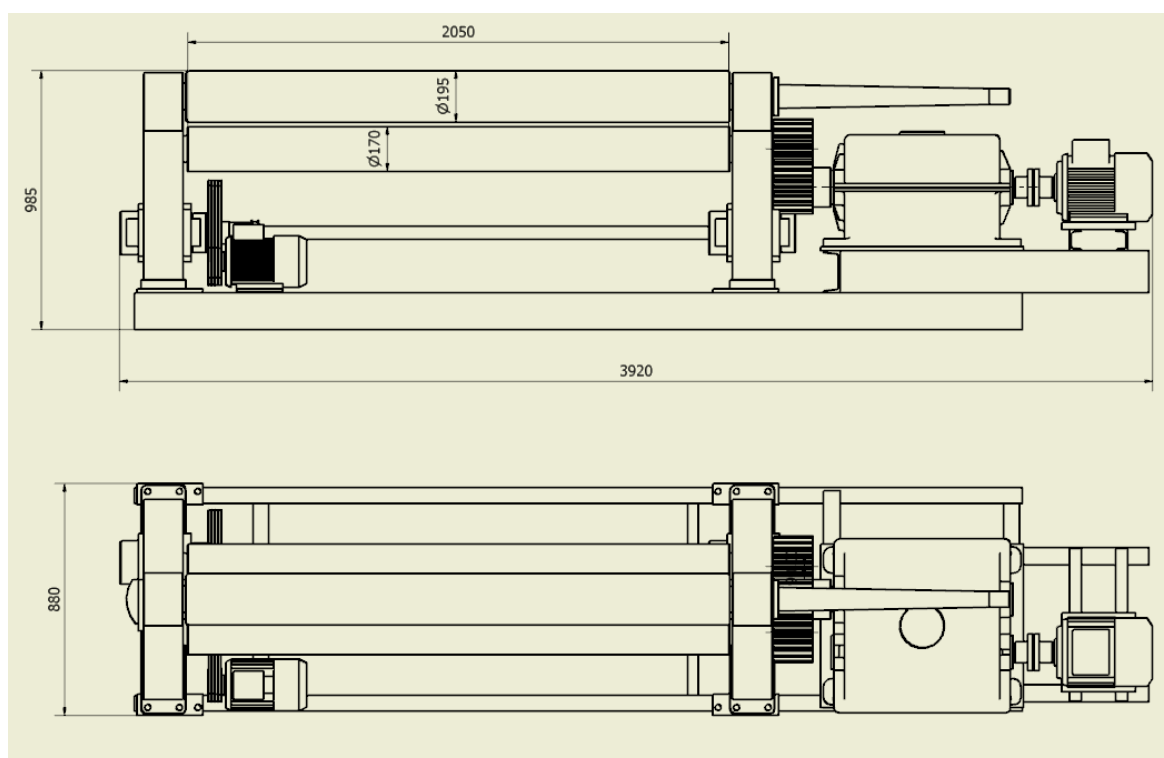
Obr. 10 Částečně demontovaná zakružovačka XZM 2000/08

Sestavní výkres v příslušném formátu je součástí diplomové práce (příloha C). Neobsahuje spojovací materiál a elektrickou část zakružovačky (kabely, ovladač, spínače *atd.*). Základní

rozměry jsou vidět na náčrtku (Obr. 11 a Obr. 12). Celkový rozměrový výkres původní zakružovačky je součástí diplomové práce (příloha D).



Obr. 11 Rozměrový náčrtek – boční pohled zakružovačky



Obr. 12 Rozměrový náčrtek hlavních rozměrů zakružovačky (nárys a půdorys)

Po demontáži všech komponentů stroje bylo provedeno zaměření všech původních rozměrů hlavního rámu a zakresleno do výkresu ve formátu A3, který je součástí diplomové práce jako „Rozměrový výkres původní zakružovačky“(Příloha D).

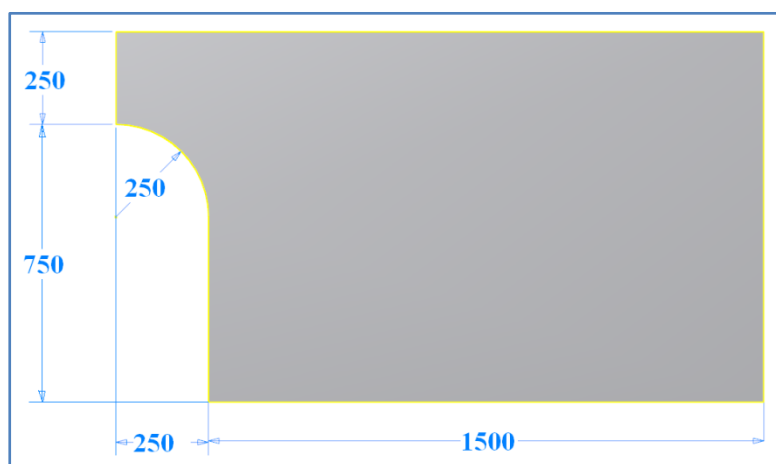
Celý rám je vyroben z běžně dostupných profilů z materiálu 11 375 (nalezeno na výlisku U profilu z vnitřní strany), dle dnešního značení S235. Je celosvařovaný, převážně svary koutovými. V místě pod převodovkou byl vypodložen tenkými plechy z důvodu vymezení vůle na ozubených kolech pohonu válců. Rám byl proměřen a kromě deformace úhelníku a jeho zúžení v tomto místě nebyla nalezena žádná vážná závada (Obr. 13).



*Obr. 13      Rám po demontáži*

### 3 Měření

Pro zjištění skutečných pozdvihů při krutu rámu zakružovačky jsem vytvořil pět vzorků plechu jakosti S235 o tloušťce od 2 mm do 8 mm odstupňovaných po 2 mm. Vkládáním do zakružovačky uložené na stejném místě za stejných podmínek jsem pomocí spolupracovníka prováděl zakružování bez náklonu válců, aby situace tlaku na kámen byla v maximální možné síle i s možností zaseknutí se do kamene. Proto vzorky po vypálení nejsou obroušené do hladka, ale byly zanechány stopy po pálení. Tvar vzorku jsem přizpůsobil podmínkám jako při zakružování kuželů s větším náběhem pro zjištění malého průměru (Obr. 14).



Obr. 14 Tvar a velikost vzorku pro měření

Aby tlak mezi válci byl přiměřeně stejný, provedl jsem vždy položení horního válce lehce na plech, označil výšku válce a poté zatlačil o 30 mm níže. Do tabulky (Tab. 1) jsem zapisoval hodnoty, které byly naměřeny v měřících bodech (Obr. 15). Výsledným měřením jsem zjišťoval následující hodnoty:

- Tloušťka plechu [mm]
- Deformace plechu
- Výsledný malý poloměr plechu [mm]
- Pozdvih rámu [mm]
- Výkyv stolice [mm]



Obr. 15 Měřící body





*Obr. 16 Zakružování vzorku*

Výsledné vzorky byly po vytažení z válců měřeny kalibračními měrkami pro poloměry, které máme k dispozici. Tyto měrky jsou odstupňovány po 10 mm, a rozdíl mezi naměřením v tomto rozmezí je odhadován. Proto je přesnost měření cca 5 mm, což je pro naše podmínky dostačující. Měrky na dané poloměry si vypalujeme na pálicím stroji. Pro ostatní měření byly použity běžné měřicí prostředky a pomůcky.



*Obr. 17 Měření malého poloměru*

Tab. 1 Zkouškou naměřené hodnoty

Tloušťka plechu [mm]	Deformace plechu	Výsledný malý poloměr plechu [mm]	Pozdvih rámu [mm]	Výkyv stolice [mm]
2	ano	r 185	0	0
4	ano	r 190	1	2
6	ne	r 200	4	8
8	ne	r 210	7	22

Výsledek měření ukazuje, že tuhost rámu jak bylo předpokládáno a dlouhodobě pozorováno je nedostačující, což může vést ke zvýšenému opotřebovávání ložisek válců a namáhání litinových stolic.



Obr. 18 Deformace hrany plechu při zaseknutí se do kamene

Deformace hrany plechu (Obr. 18) nemusí být pouze místní, ale může se projevovat po celém obvodu vnitřní hrany kuželu. Poté je možno hranu vyvařit, v nejhorším případě je výrobek nepoužitelný.



## 4 Konstrukční návrh úpravy rámu

### 4.1 Úvaha

Prvotním záměrem bylo vytvořit zcela nový rám z nového materiálu přizpůsobeného ze skladových zásob firmy, a provést jeho výměnu za rám starý – nevyhovující.

Při zjišťování stavu materiálu v nadbytečných zásobách firmy by byl tento rám navrhnut asi z profilového materiálu HEA, U a I 140 [7]. Splňoval by původní rozměrové požadavky mezi jednotlivými komponenty beze změn, výškově by však mohl být pozdvižen cca o 100 mm. Tímto zvýšením stoiny profilu rámu a změnou zavětrování bych řešil pevnostní požadavek, kvůli němuž navrhuji tuto změnu. Zdvihnutí výšky stroje by nemělo žádný vliv na jeho bezpečnost a obsluhu.

Po mnoha dalších úvahách jsem však došel k názoru, že je zakružovačka dosti zastaralá a znatelně opotřebovaná. Pro potřebu provozu by však bylo nerentabilní zakupovat stroj nový. Práce na tomto stroji je pouze nárazová a není třeba zvlášť velké přesnosti. Návratnost takovéto investice by byla velmi dlouhodobá, ne-li nenávratná. Z toho důvodu je pro naše potřeby zbytečné vyrábět rám nový, který by byl nákladný a pracný. Proto raději volím provedení úpravy původního rámu bez nutnosti demontáže, co nejdostupnější materiálově, finančně i technicky.

V první fázi si odzkouším, zda zesílení U140 [7] plechem tl.8mm bude mít konstrukčně lepší parametry a zda jej budu moci použít. Poté celý rám v místě pod válci vyztužím příčnými a šikmými ztužidly z I profilů. Na takto připravený rám použiji pevnostní analýzu ANSYS v programu Inventoru, která mně ukáže konečnou tuhost rámu.



Nakonec provedu návrh oprav, krytování spojky, řemenových kol pohonu zdvihu válce a mechanický systém vypínání spojky náklonu válce pro skružování kuželů.

## 4.2 Pevnostní analýza samostatného a zesíleného U140 plechem 8mm

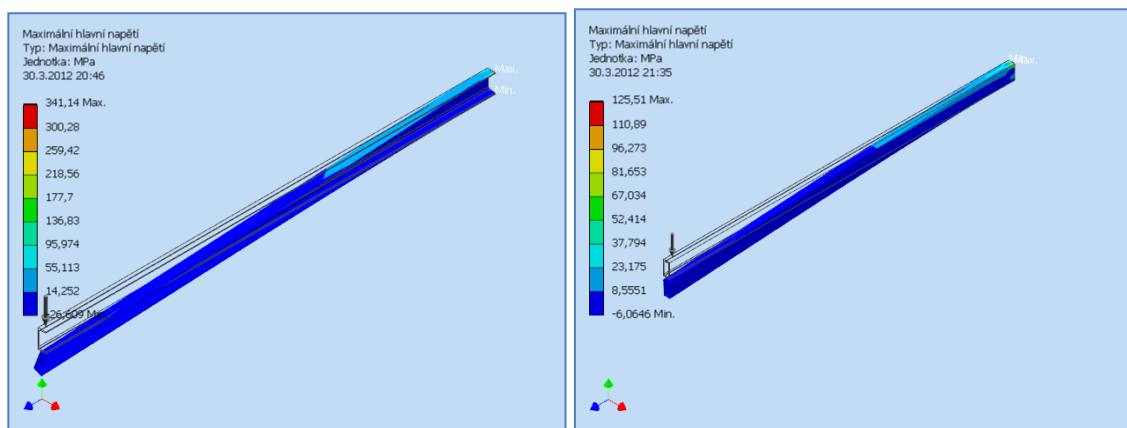
Pevnostní analýza ANSYS náležející do aplikace Autodesk Inventor Professional byla použita k simulování chování mechanické součásti při konstrukčním zatížení. Simulování jednoduché součásti bez vázání na jinou součást bylo možné již v Inventoru 2009 [8]. Nebylo zde však možné provést pevnostní analýzu složitějších dílů nebo celků, kde je třeba zadávat více silových hodnot a vazeb. Až teprve Inventor 2011 byl rozšířen a ve verzi 2012 již plně vybaven pro výpočty pevnostních analýz. Funkce v této verzi je velmi přehledná a při pochopení všech postupů snadná. Po vygenerování pevnostní analýzy lze provést uložení v *HTML* dokumentu a vytisknutí kompletní zprávy ke každé provedené analýze.

Po zkreslení dílů, převedení do pevnostní analýzy a zadání všech hodnot technologie ANSYS vygenerovala výsledky u jednoduchého a zesíleného U140:

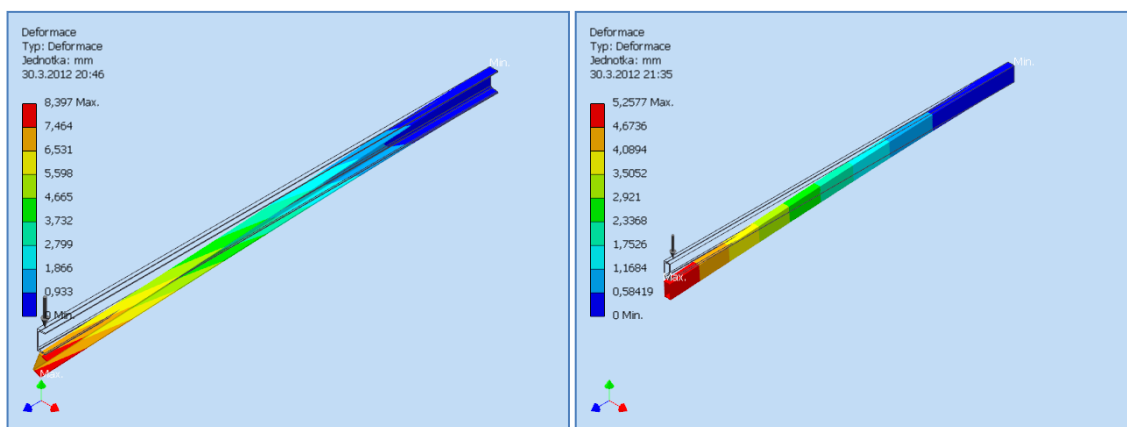
Tab. 2 Výsledky hodnot pevnostní analýzy U140 a zesíleného U140

Název profilu	U 140	Zesílené U140
Obrázek profilu		
Hmotnost	53,89 kg	80,36 kg
Zatížení	1500 N	1500 N
Materiál	Ocel S235JR	Ocel S235JR
Minimální napětí	-224,2 MPa	-125,52 MPa
Maximální napětí (Obr. 19)	341,14 MPa	125,5 MPa
Minimální posunutí	0 mm	0 mm
Maximální posunutí (Obr. 20)	8,4 mm	5,26mm
Součinitel bezpečnosti (Obr. 21)	0,67	1,68

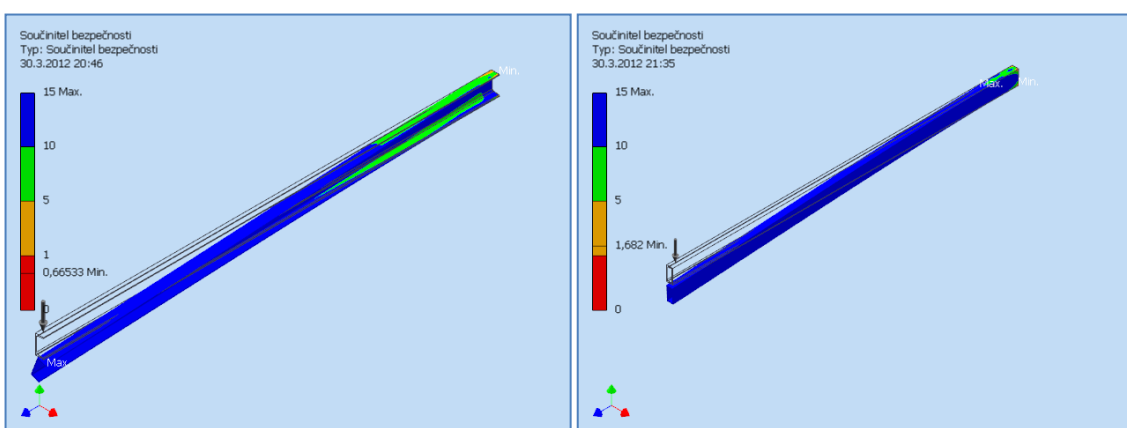
*Zeleně označené výsledky jsou vyhovující*



Obr. 19 Rozdíl maximálního napětí mezi U140 a zesíleným U140



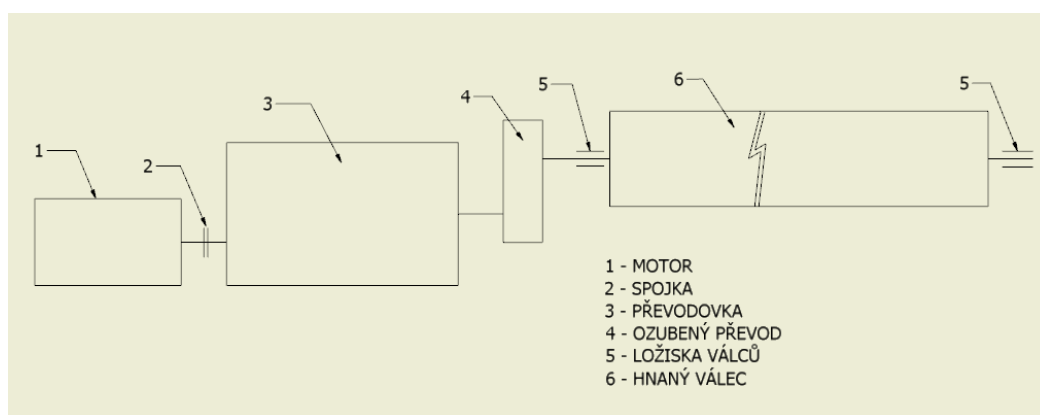
Obr. 20 Rozdíl maximálního posunutí U140 a zesíleného U140



Obr. 21 Rozdíl součinitele bezpečnosti U140 a zesíleného U140

Dle výsledku analýzy samostatného profilu U140 a jeho zesílení je patrné, že touto úpravou lze dojít k zvýšení tuhosti rámu. Z obrázků je vidět, že již vlastní profil U při zatížení má snahu jít do krutu a provedeným vyztužením je stabilizován. Vyztužení jsem po úvaze právě provedl z materiálu stejně silného, jako je stojina U profilu, abych krutu zabránil. Navíc součinitel bezpečnosti se zvýšil z 0,66 na 1,68, což ukazuje zlepšení o 111%. Zesílení může přinést dobré výsledky. Dutinu, která vznikne v profilu je navíc možno využít k bezpečnému vedení kabelů k motoru zdvihu válců a kabelu ovladače. Dále se již budu zabírat samotným rámem a jeho návrhem konstrukční úpravy.

### 4.3 Výpočet síly působící na rám



Obr. 22 Celkové schéma pohonu válců zakružovačky

Použitý motor 1 (Obr. 22) je SIEMENS typ 1LA7133 – 4AA o výkonu 7,5kW s otáčkami 1455ot\*min<sup>-1</sup>.

Tab. 3 Tabulka parametrů třífázových elektromotorů ELPRIM [9]

Jmen. výkon	Velikost	Objednací číslo	Otáčky	Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný zaběrný moment	Poměrný zaběrný proud	Poměrný moment zvratu	Momen- tová třída	Momen- tová charak- teris- tika Diagram č.	Moment setrvač- nosti J	Hmot- nost
		Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže	Účinnost $\eta$ 100%	Účinek $\cos \Phi$ 75%	Jmenovitý proud při 400 V	Jmenovitý moment		Mz/Mn	Ik/In	Mmax/Mn	KL	(str. 16)	kg m <sup>2</sup>	Tvar IM B3 kg
<b>4-pól, 1500 min<sup>-1</sup>, 50Hz</b>														
0,06	56	1LA7 050-4AB..	1350	56	55	0,77	0,20	0,42	1,9	2,6	1,9	13	12	0,00027 3,0
0,09	56	1LA7 053-4AB..	1350	58	57	0,77	0,29	0,63	1,9	2,6	1,9	13	12	0,00027 3,0
0,12	63	1LA7 060-4AB..	1350	55	54	0,75	0,42	0,84	1,9	2,8	2,0	13	12	0,0003 3,5
0,18	63	1LA7 063-4AB..	1350	60	60	0,77	0,56	1,3	1,9	3,0	1,9	13	12	0,0004 4,1
0,25	71	1LA7 070-4AB..	1350	60	60	0,79	0,76	1,8	1,9	3,0	1,9	13	12	0,0006 4,8
0,37	71	1LA7 073-4AB..	1370	65	65	0,80	1,03	2,5	1,9	3,3	2,1	13	12	0,0008 6,0
0,55	80	1LA7 080-4AA..	1395	67	67	0,82	1,45	3,7	2,2	3,9	2,2	16	3	0,0015 8,0
0,75	80	1LA7 083-4AA..	1395	72	72	0,81	1,86	5,1	2,3	4,2	2,3	16	3	0,0018 9,4
1,1	90S	1LA7 090-4AA..	1415	77	77	0,81	2,55	7,4	2,3	4,6	2,4	16	2	0,0028 12,3
1,5	90L	1LA7 096-4AA..	1420	79	79	0,81	3,4	10,1	2,4	5,3	2,6	16	3	0,0035 15,6
2,2	100L	1LA7 106-4AA..	1420	82	82,5	0,82	4,7	14,8	2,5	5,6	2,8	16	3	0,0048 21,5
3	100L	1LA7 107-4AA..	1420	83	83,5	0,82	6,4	20,2	2,7	5,6	3,0	16	3	0,0058 24,5
4	112M	1LA7 113-4AA..	1440	85	85,5	0,83	8,2	26,5	2,7	6	3,0	16	2	0,011 31,0
5,5	132S	1LA7 130-4AA..	1455	86	86	0,81	11,4	36,1	2,5	6,3	3,1	16	3	0,018 42,5
7,5	132M	1LA7 133-4AA..	1455	87	87,5	0,82	15,2	49,2	2,7	6,7	3,2	16	3	0,024 49,0
11	160M	1LA7 163-4AA..	1460	88,5	89	0,84	21,5	72	2,2	6,2	2,7	16	3	0,040 68,0
15	160L	1LA7 166-4AA..	1460	90	90,2	0,84	28,5	98,1	2,6	6,5	3,0	16	3	0,052 93,5

Vypočítám krouticí moment  $M_{km}$  na hřídeli elektromotoru dle vzorce [10]:

$$M_{km} = 1,55 \cdot P \cdot \frac{1000}{n} \quad (5.1)$$

$$= 1,55 \cdot 7.500 \cdot \frac{1000}{1455} = 19,2268 \text{ Nm}$$

kde:  $P$  = výkon elektromotoru [ $W$ ]

$n$  = otáčky [ $ot.min^{-1}$ ]

Vypočítaný moment souhlasí s momentem uvedeným v Tab. 3

Dle osazené převodovky typu TS 030 341 z Přerovských Strojíren víme ze štítku (Obr. 23), že její převodový poměr je  $i = 80$ .



Obr. 23 Štítek převodovky pohonu válců TS 030 341 z Přerovských strojíren

Ze základního vzorce [11] vypočítám krouticí moment na výstupu z převodovky:

$$i = \frac{M_{k2}}{M_{k1}} \cdot \eta$$

$$M_{k2} = M_{k1} \cdot \eta$$

$$M_{k2} = 19,2268 \cdot 0,95 \cdot 80 = 1471,2368 \text{ Nm} \quad (5.2)$$

Mezi převodovkou a válcem (Obr. 24) je ještě ozubený převod 4 (Obr. 22) kde vím, že na vstupu je 19 zubů a na výstupu 21 zubů. Z těchto údajů vypočítám převodový poměr:



Obr. 24 Pohon válců ozubeným převodem za hlavní převodovkou

$$i = \frac{i_2}{i_1}$$

$$i = \frac{21}{19} = 1,0527 \quad (5.3)$$

...a zjistím kroutící moment vstupující na hnaný válec zakružovačky:

$$i = \frac{M_{k2}}{M_{k1}} \eta$$

$$M_{k2} = M_{k1} \eta$$

$$M_{k2} = 1741,2368 \cdot 0,95 \cdot 1,0527 = 1928,323 \text{ Nm} \quad (5.4)$$

Tato síla je však rozdělena na dva válce, proto ji musím ještě tímto počtem podělit:

$$M_{k2\text{výsl.}} = \frac{M_{k2}}{2} = 964,1615 \text{ N} \quad (5.5)$$

Známe-li již kroutící moment  $M_{k2\text{výsl.}}$  hnaného válce, vypočítám sílu přenášenou z válců na zakružovaný plech ze vzorce:

$$F = \frac{2 \cdot M_{k2\text{výsl.}}}{d}$$

$$F = \frac{1928,323}{0,170} = 113107,783 \text{ N} \quad (5.6)$$

Protože však mezi válcem a plechem vzniká tření, musí být o toto tření síla přenesená na plech nižší:

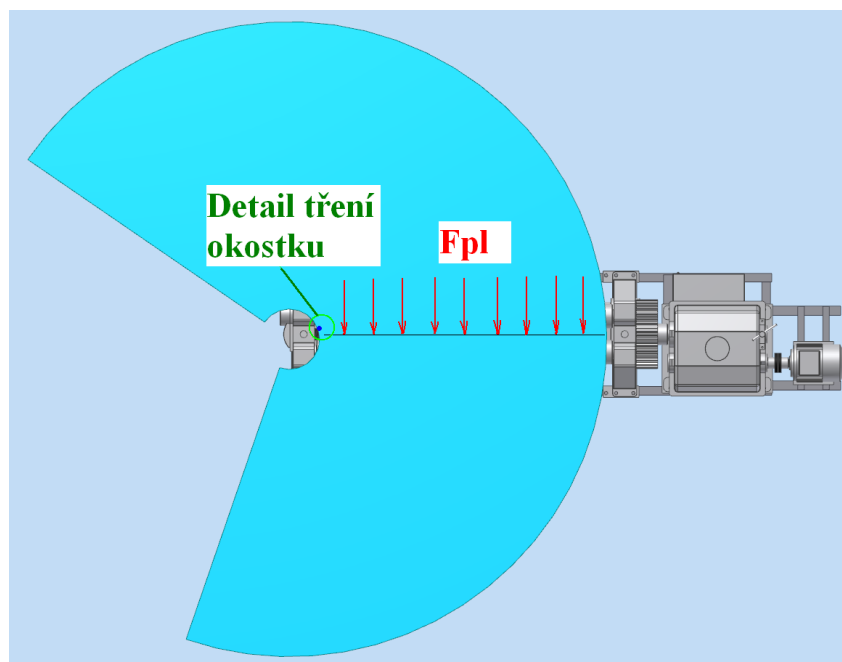
$$F_t = \tau \cdot \mu$$

$$F_t = 3107,783 \cdot 0,1 = 310,7783 \text{ N} \quad (5.7)$$

kde  $\mu$  [11] je součinitel smykového tření, kde pro suché tření ocel-ocel = 0,1

$$F_{pl} = \tau - \tau_t$$

$$F_{pl} = 3107,783 - 310,7783 = 2797,0047 \text{ N} \quad (5.8)$$

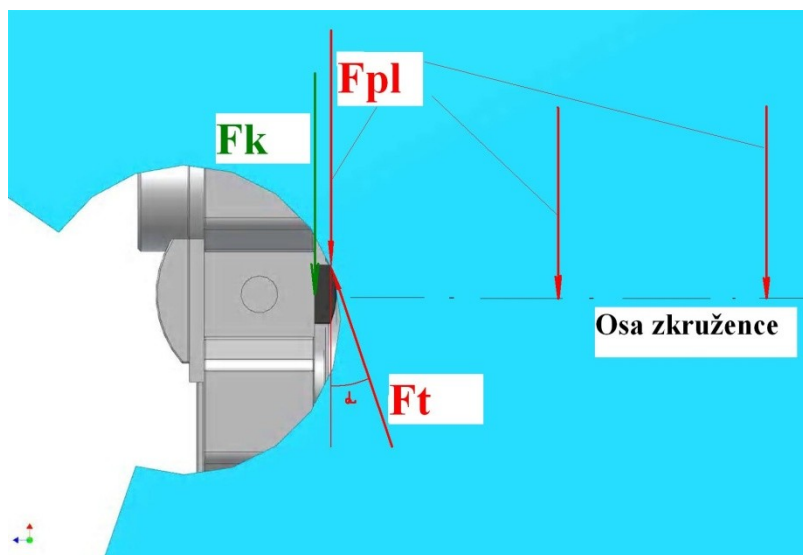


Obr. 25 Pohled na vložený výpalek a působení sil při skružování

Z nákresu (Obr. 25) vidím, že třecí bod není přímo v ose skružení a nachází se pod úhlem  $\alpha$  cca  $20^\circ$ . Tento úhel je však jen orientační, poněvadž je dán velikostí průměru vnitřního obvodu kužele. V mém případě však počítám s nejmenším možným průměrem. Při jeho zvětšování se úhel doteku s kamenem zmenšuje a tím i třecí síla snižuje.

Jak jsem se již zmínil v odstavci 3, stává i ten případ, kdy se plech při zakružování tzv. kousne. Vytvoří se zásek, který se o kámen zapře a dojde k deformaci plechu nebo poškození hrany plechu (Obr. 18). Stává se to však hlavně zapříčiněním obsluhy, kdy vůbec

nebo nedostatečně není proveden náklon válců a tím není odlehčená vzdálená strana skruženice, která musí proklouznout lehce mezi válci. Další příčinou bývá i nedostatečně obroušená plocha výpalku se zanechanými výstupky, které zaseknutí podpoří. Pokud však k seknutí dojde, vždy nakonec k prokluzu plechu s válcem dojde. Tímto prokluzem však válce poškodí povrch plechu, což je jak jsem se zmínil v úvodu nepřijatelné.



Obr. 26 Detailní pohled na skruženec opírající se o opěrný kámen a rozložení sil

Proto počítáme první sílu působící v ose zakružování tečně na vnitřní hranu plechu:

$$F_{tkam} = \tau_{pl} \cdot \cos \alpha$$

$$F_{tkam} = 10797,0047 \cdot \cos 90,1 = 954,279 \text{ N} \quad (5.9)$$

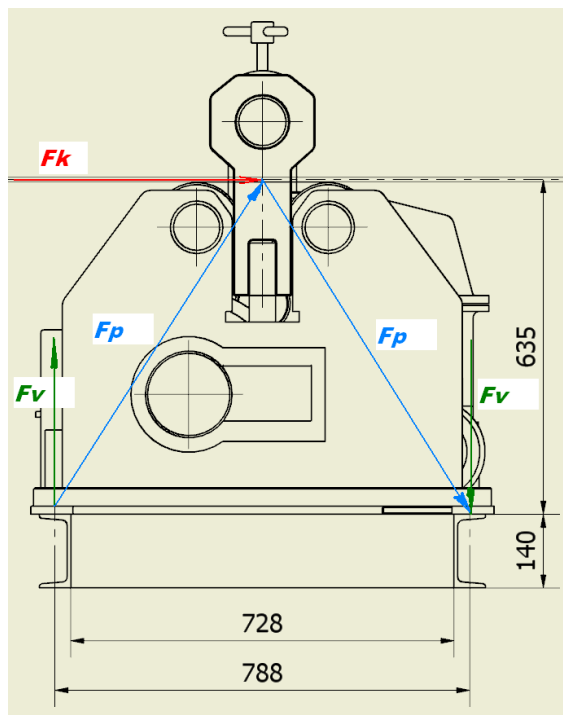
Z toho síla působící na kámen je tedy:

$$F_k = \tau_{pl} - \tau_{tkam}$$

$$F_k = 10797,0047 - 954,279 = 8842,7257 \text{ N} \quad (5.10)$$

Síla se z kamene přenáší na stolicí zakružovačky spojenou s rámem.





Obr. 27 Rozložení sil na válcové stolici zakružovačky

Dle Obr. 27 vypočítáme výslednou sílu působící na rám zakružovačky

$$F_p = F_k \cdot \cos(\alpha)$$

$$F_p = 8842,7257 \cdot \cos(58,18) = 934,872 \text{ N} \quad (5.11)$$

$$F_v = F_p \cdot \sin(\beta)$$

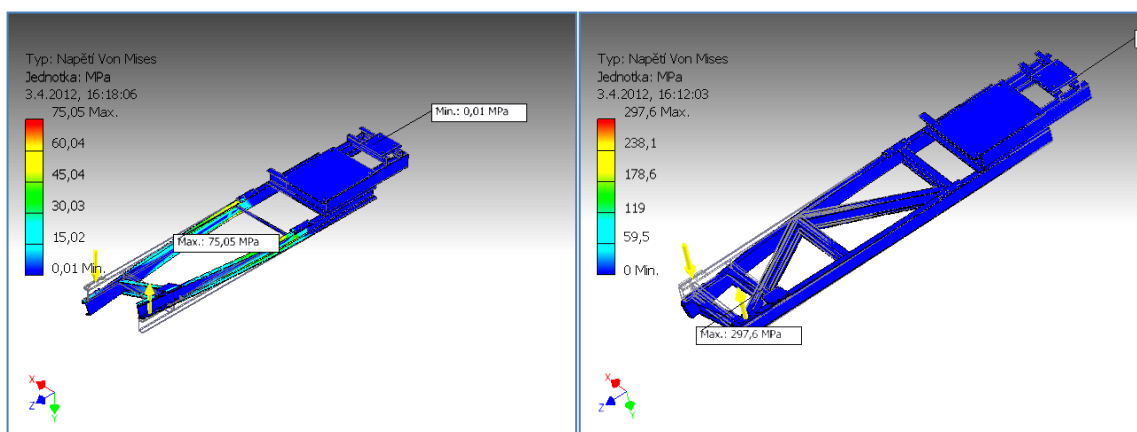
$$F_v = 934,872 \cdot \sin(31,82) = 493,185 \text{ N} \quad (5.12)$$

#### 4.4 Pevnostní analýza původního rámu a zesíleného rámu

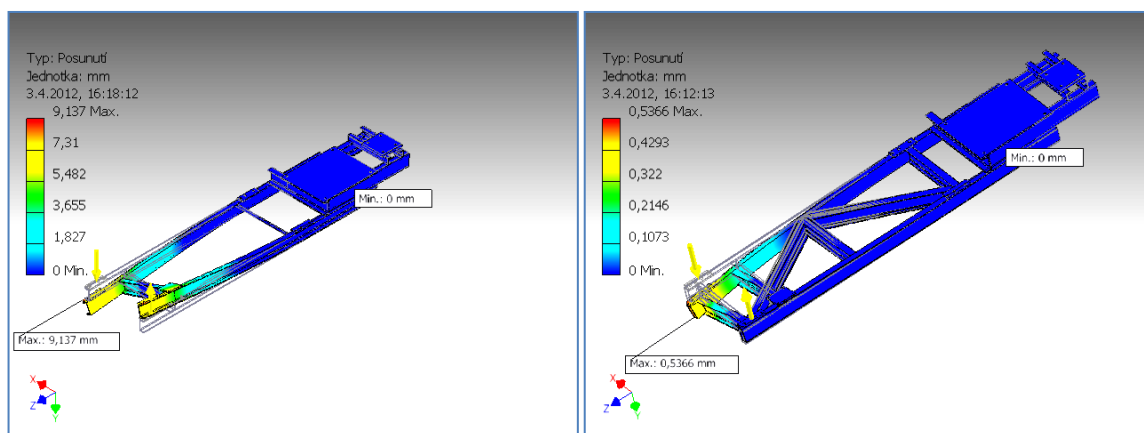
V programu Invertor jsem zkreslil původní rám zakružovačky a podrobil pevnostní analýze. Poté jsem z něj odstranil některé nevhodné prvky a doplnil novým ztužením. Tři příčné a dva úhlopříčně uložené profily I 140 a výztužné plechy v původních U profilech by měli rámu dodat patřičnou pevnost. Při úpravách však musí být dodrženy veškeré rozměry přípojných míst na konstrukci, poněvadž se zachovává původní technologie stroje.

Tab. 4 Výsledky hodnot pevnostní analýzy původního a zesíleného rámu

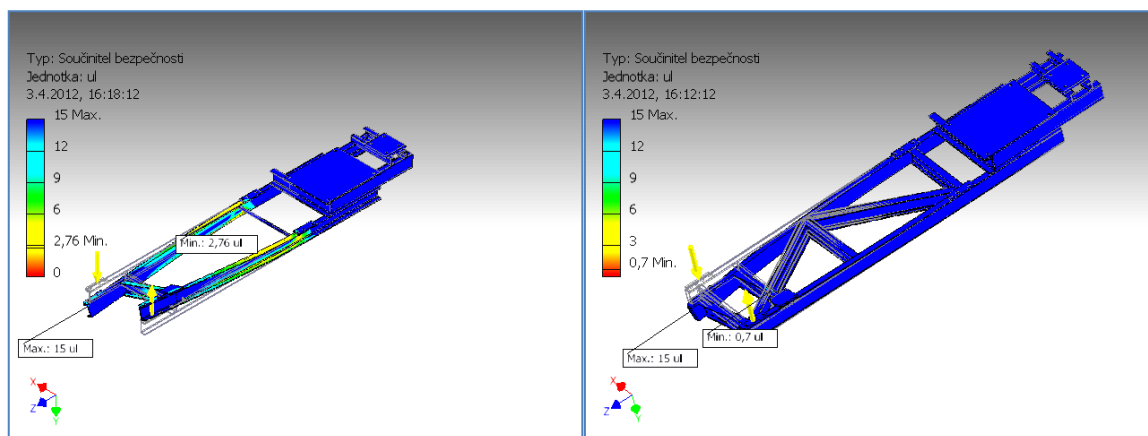
	Původní rám	Zesílený rám
Hmotnost	214,126 kg	300,158 kg
Zatížení	2619,093 N	2619,093 N
Materiál	Ocel S235JR	Ocel S235JR
Minimální napětí	0,0125892 MPa	0,00017022 MPa
Maximální napětí (Obr. 28)	75,0596 MPa	297,628 MPa
Minimální posunutí (Obr. 29)	0 mm	0 mm
Maximální posunutí (Obr. 29)	9,137 mm	0,54 mm
Součinitel bezpečnosti (Obr. 30)	2,75	0,7
Stykový tlak	1203,26 MPa	393,529 MPa



Obr. 28 Rozdíl maximálního napětí v původním a příčně ztuženém rámu



Obr. 29 Rozdíl maximálního posunutí u původního a příčně ztuženého rámu



Obr. 30 Výsledek součinitele bezpečnosti obou posuzovaných rámu

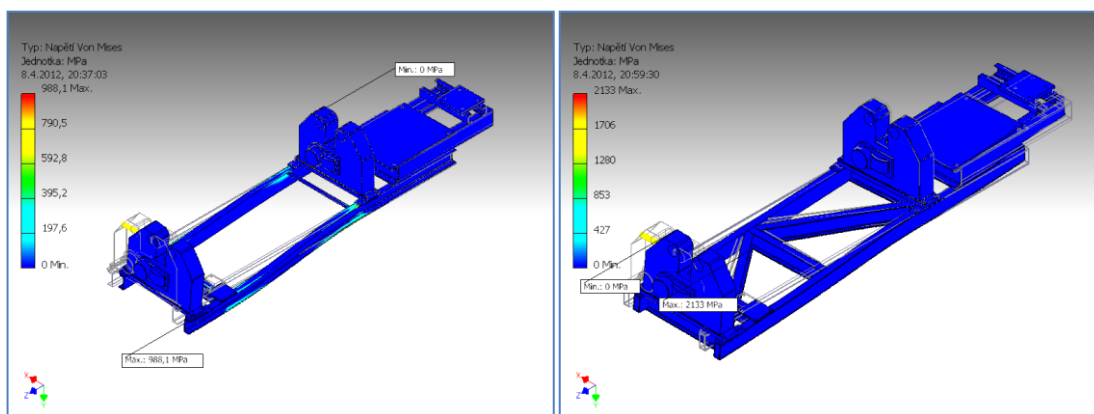
Pevnostní analýza původního a vyztuženého rámu zakružovačky nám ukázala, že zpevnění rámu je dostatečné. Z posunutí 9,137 mm se dostáváme na 0,536 mm, což je takřka nulová hodnota. Součinitel bezpečnosti však klesl na hodnotu 0,7. Musíme brát v úvahu, že těchto hodnot tlaku na rám dosáhneme, jestliže přenos síly z válců na plech bude bez prokluzu a zakružovaný plech se sekne do kamene, k čemuž snad ani nemůže dojít - což jsem již popsal dříve.

Při řešení navíc není zohledněna váha komponentů zakružovačky – a to bočnice s převodovkou, které rám také celou konstrukci ztuží. Proto ještě dále provedu další pevnostní analýzu, kde ještě přiřadím válcové stolice, které jsou pevně spojeny s rámem. Tímto zjistím výchylku, která byla při zatížení ve výšce otěrového kamene na původním rámu a při jeho vyztužení. V zadávání před vytvořením pevnostní analýzy jsem neopomněl dát, že tyto stolice jsou z litiny, což je sice pevný, ale křehký materiál.

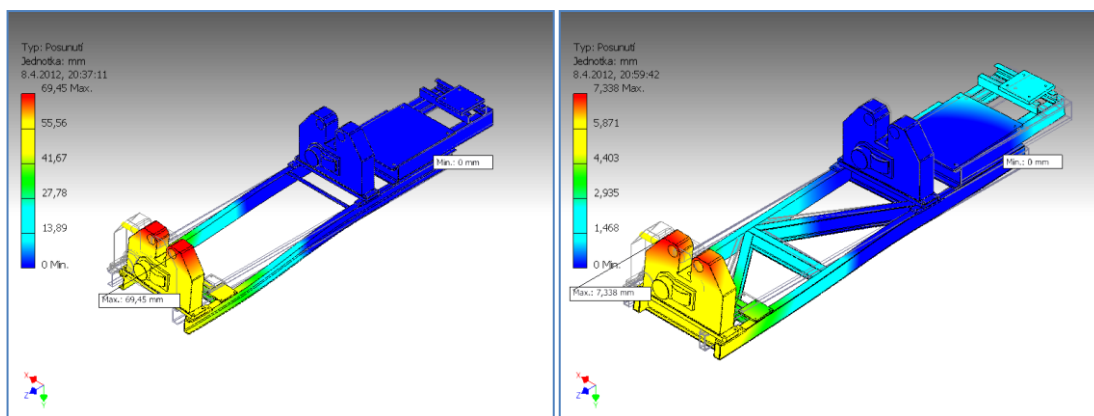
## 4.5 Pevnostní analýza obou ráků se stolicemi

Tab. 5 Porovnání analýzy ráků se stolicemi

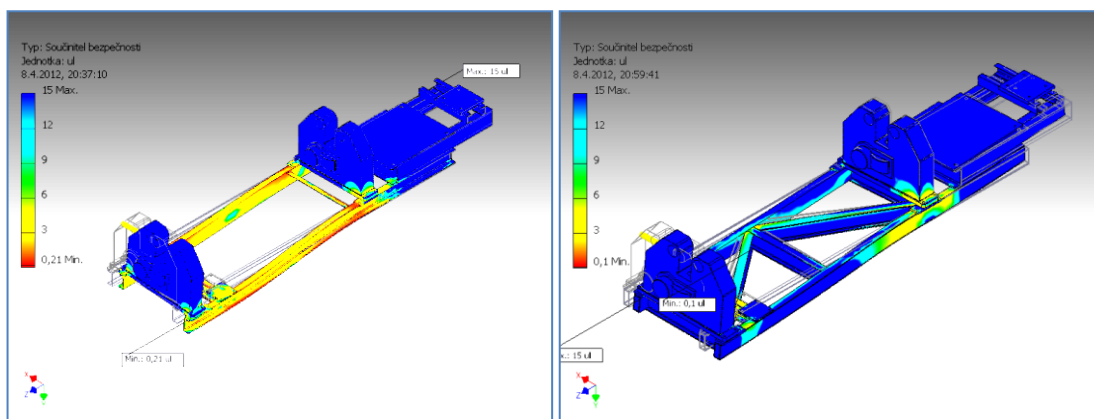
	Původní rám	Zesílený rám
Hmotnost	341,908 kg	427,94 kg
Zatížení	18842,726 N	18842,726 N
Materiál	Ocel S235JR	Ocel S235JR
Minimální napětí	0,00313745 MPa	0,00206356 MPa
Maximální napětí (Obr. 31)	988,081 MPa	2133,1 MPa
Minimální posunutí (Obr. 32)	0 mm	0 mm
Maximální posunutí (Obr. 32)	69,45 mm	7,33 mm
Součinitel bezpečnosti (Obr. 33)	0,209	0,1
Stykový tlak	11444,5 MPa	2070,57 MPa



Obr. 31 Porovnání velikosti napětí na rázech se stolicemi



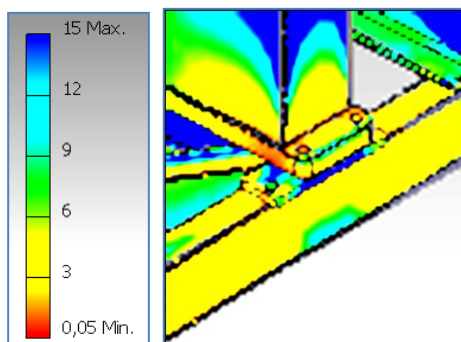
Obr. 32 Porovnání velikosti posunutí na rázech se stolicemi



Obr. 33 Porovnání součinitele bezpečnosti původního a zesíleného rámu se stolicemi

Když nyní porovnáme pevnostní analýzy původního a zesíleného rámu s namontovanými válcovými stolicemi (viz. Tab. 5), ukazuje se, že rám je již dostatečně tuhý. Nastává však problém, kdy z důvodu jeho tuhosti jsou přenášeny síly kumulovány do míst, kde je to nežádoucí. Projevuje se to sníženým součinitelem bezpečnosti a trojnásobným zvýšením napětí v místě litinové patky válcové stolic. V místě montážního spoje hrozí její prasknutí (viz. Obr. 34). Abychom tomu zabránili, musíme snížit tuhost rámu. Přeneseme tím napětí do rámu a ne na patku stolic.

Z toho důvodu provedu ještě změnu ve vyztužení rámu tak, aby částečně zůstala jeho pružnost a přitom nebyla konstrukce náchylná k nebezpečí namáhání a prasknutí patky stolic.

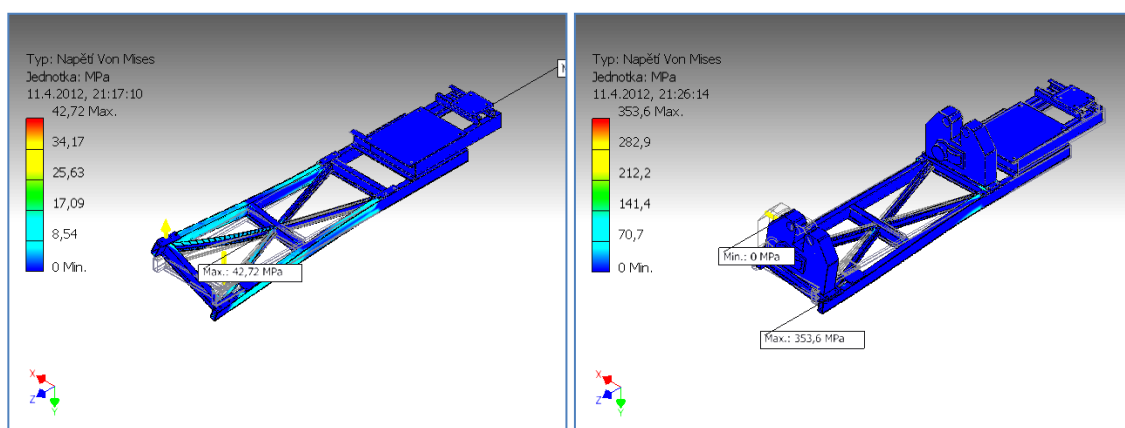


Obr. 34 Detail největší kumulace sil do patky stolic vyjádřeno bezpečností

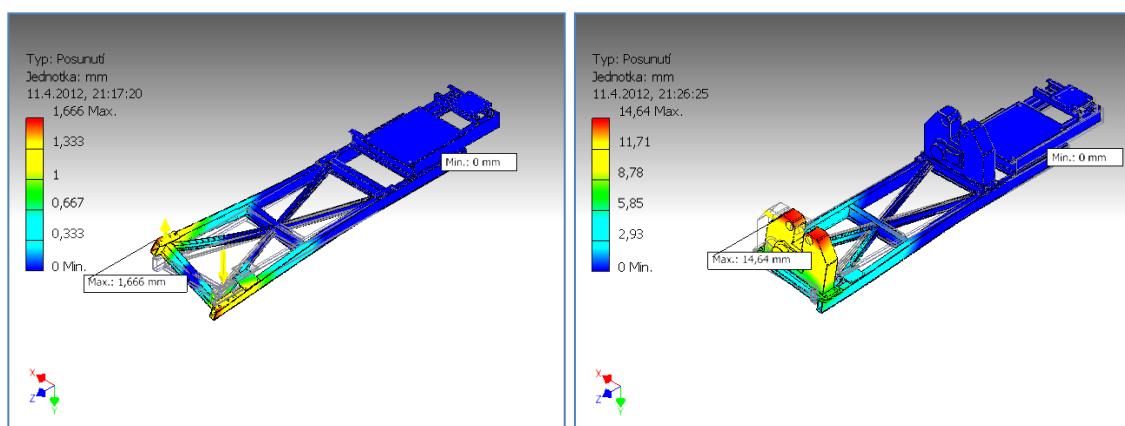
V tomto návrhu místo diagonál I 140 použiji profil I 80. Místo úhlopříčně je roznesu paprskovitě od středu rámu k upevňovacím bodům stolic s rámem. Tímto řešením se rovnoměrněji rozprostrou síly v rámu a zmenšením průřezu diagonál zajistí i jeho pružnost. Měl by se zvětšit součinitel bezpečnosti v místech spojení litiny s ocelí.

Tab. 6 Hodnoty křížově zesíleného rámu bez a se stolicí

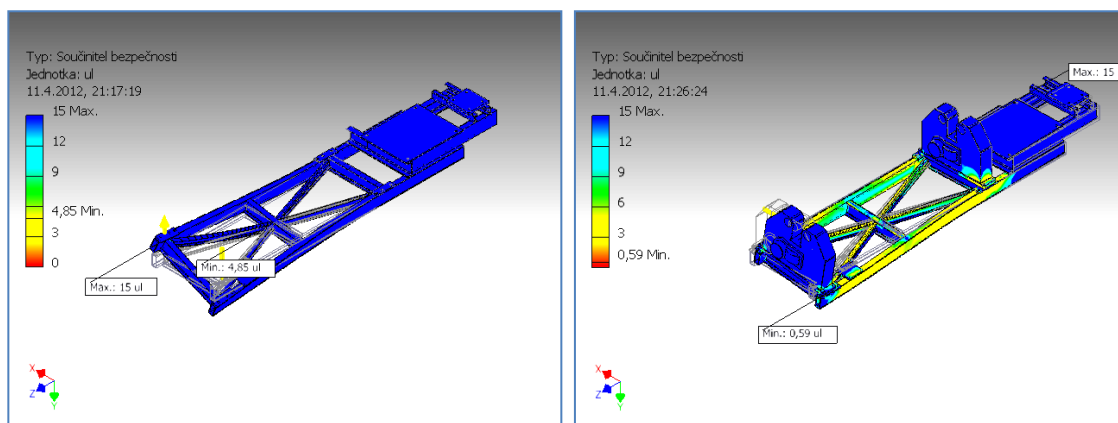
	Zesílený rám křížový samostatný	Zesílený rám křížový se stolicemi
Hmotnost	286,643 kg	414,425 kg
Zatížení	2619,092 N	18842,726 N
Materiál	Ocel S235JR	Ocel S235JR
Minimální napětí (Obr. 35)	0,00151049 MPa	0,00493 MPa
Maximální napětí (Obr. 35)	42,7178 MPa	353,604 MPa
Minimální posunutí (Obr. 36)	0 mm	0 mm
Maximální posunutí (Obr. 36)	1,67 mm	14,64 mm
Součinitel bezpečnosti (Obr. 37)	4,85	0,59
Stykový tlak	478,277 MPa	2745,36 MPa



Obr. 35 Velikost napětí u křížově zavětrovaného rámu bez a se stolicí



Obr. 36 Velikost posunutí u křížově zavětrovaného rámu bez a se stolicí



Obr. 37 Velikost součinitele bezpečnosti u křížově zavětrovaného rámu bez a se stolicí

Tab. 7 Výsledné porovnání všech variant rámu

	Původní rám bez ztužení	Příčně ztužený rám	Křížově ztužený rám
Hmotnost	341,908 kg	427,94 kg	414,425 kg
Zatížení	18842,726 N	18842,726 N	18842,726 N
Materiál	Ocel S235JR	Ocel S235JR	Ocel S235JR
Minimální napětí	0,00313 MPa	0,00206356 MPa	0,00493 MPa
Maximální napětí	988,081 MPa	2133,1 MPa	353,604 MPa
Minimální posunutí	0 mm	0 mm	0 mm
Maximální posunutí	69,45 mm	7,33 mm	14,64 mm
Součinitel bezpečnosti	0,209	0,1	0,59
Stykový tlak	11444,5 MPa	2070,57 MPa	2745,36 MPa

Barevné označení výsledků Tab. 7: červeně = nevyhovující

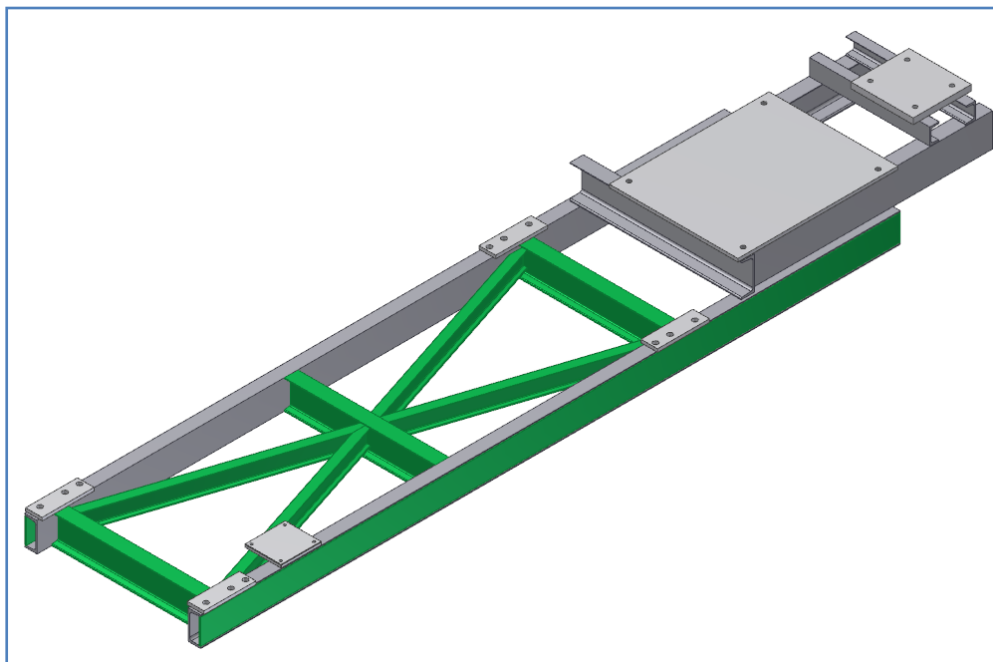
zeleně = velmi dobré

modře = dobré

Při porovnání výsledků (Tab. 7) je verze křížového zavětrování rámu velmi dobrým výsledkem. Docílil jsem tímto dostatečné ztužení rámu, kde procentuálně vyjádřeno jsem se dostal na 21% původní deformace a součinitel bezpečnosti se dostal na 282% původního rámu. Navíc jsem rád, že celý návrh lze uskutečnit bez demontáže komponentů.

## 4.6 Technické provedení

Celé řešení zesílení rámu je ukázáno na Obr. 38, kde jsou vyznačeny zeleně všechny komponenty, které je třeba pro úpravu rámu. Položkové vykreslení a kusovník je na výkrese sestavy upraveného rámu (Příloha G).



Obr. 38 Výsledný rám zakružovačky se zeleně vyznačenými novými díly

Před provedením bude zapotřebí vypustit olejové náplně z převodovek. Veškeré komponenty pro ztužení je možné nastrojit po přetočení zakružovačky na bok a následném zabezpečení. Před otočením bude demontován pouze motor zdvihu válců. Původní dvě výztuhy lze vypálit autogenem nebo vydrážkovat uhlíkem a poté zabrousit dohladka. Úchyt motoru zdvihu válců bude taktéž odstraněn a dodán zpět až po nastrojení křížového ztužení. Nové díly vyrobit a provést montáž a navaření dle EN 1090-2. Před nastrojením je nutno upravit svarové plochy obroušením, a ve stykových plochách provést přípravu na V svar podložený, plně provařený. V místech pod stolicemi není nutno tyto demontovat, ale upravit plochy tak, aby svar byl plně provařený - tj. V svar s mezerou 3 mm, případně podložit nesvařitelnou podložkou (keramika, měď, apod.). V polohách *PA* a *PC* je možné i provést veškeré zavaření. Svařování provést metodou *MAG* poměděným drátem Weld G3Si1 (dle ČSN EN ISO 636) v ochranné atmosféře Argomix (Ar87%Co<sub>2</sub>13%) - (dle ČSN EN ISO 14 175).



## 5 Návrh provedení bezpečnostních úprav stroje

### 5.1 Kryty točivých částí

Na stroji je několik závad, které neodpovídají ČSN 21 0731. Jednou z těchto závad jsou odkryté části točivých mechanismů. Jedná se o:

- spojku mezi motorem a hlavní převodovkou (Obr. 39)
- řemenice a řemeny mezi motorem a hřídelí zdvihu válce (Obr. 40)
- hřídel se spojkami pro zdvih válce (Obr. 40)

Všechny tyto části se otáčejí dosti vysokou rychlostí a mohou při neopatrnosti ohrozit bezpečnost nejen obsluhy, ale i ostatních pracovníků. Proto je nutné provést taková opatření, aby toto riziko ohrožení bezpečnosti bylo odstraněno nebo minimalizováno.

**Kryt spojky hlavního pohonu** nebude až tak těžké navrhnout. Jako základní materiál navrhuji plech tloušťky 1,5mm vytvarovaný dle průměru spojky s dostatečnou mezerou mezi spojkou a krytem. Délka krytu by měla být taková, aby zakryla veškeré točící se části mezi motorem a převodovkou. Mezery mezi krytem a ostatními díly musí být tak velké, aby nebylo do těchto mezer možno strčit prsty – což je 5 až 8mm. Kryt může být zhotoven z děrovaného plechu, avšak s oky do velikosti 10 mm. Uchycení krytu je nutno navrhnout tak, aby byl lehce demontovatelný v případě opravy spojky nebo výměny motoru, a při provozu stroje nevibroval a nepovoloval se.



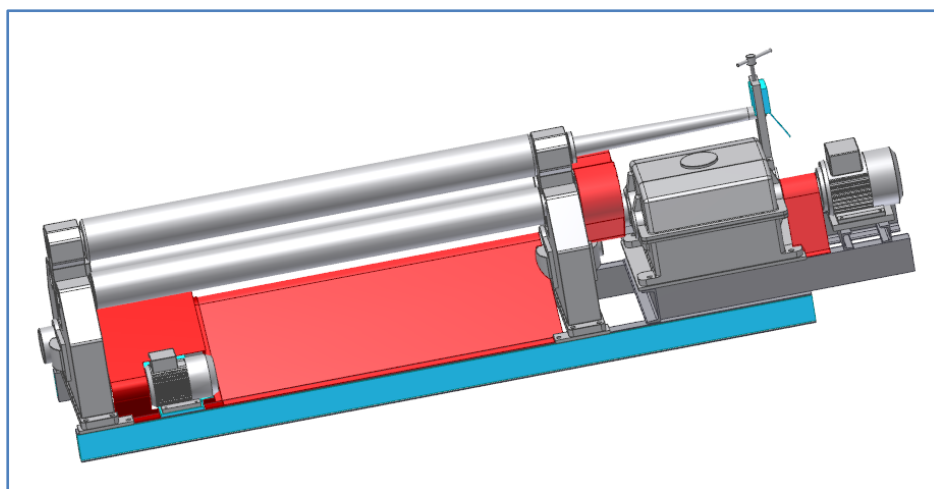
Obr. 39      Foto nechráněné spojky mezi hlavním motorem a převodovkou

**Kryt řemenice a hřídel se spojkami pro zdvih válce** (viz obr. 13) uvažuji vyřešit v celku, a to z toho důvodu, že zároveň s ochranou bezpečnosti by plnil i funkci zakrytí proti vnikání prachu a nečistot do rámu stroje. Tento kryt navrhuji ze silnějšího plechu, poněvadž bude pokrývat větší plochu. Z důvodu hmotnosti a manipulace při montáži a demontáži jej rozdělím na dva díly tak, aby jeden z nich zakrýval celý pohon hřídele (tj. motor s řemenicí) a další ostatní část. První část krytu musí být vyřešena tak, aby bylo možné ovládat spojku zdvihu válce.



*Obr. 40      Řemenice zdvihu válců bez ochrany*

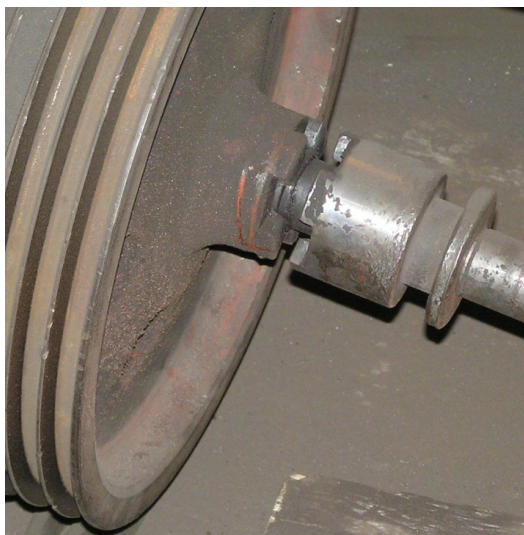
Kompletní výkresová dokumentace bezpečnostního krytí pohyblivých dílů bude řešena již mimo diplomovou práci.



*Obr. 41      Návrh bezpečnostních krytů (červeně vyznačené)*

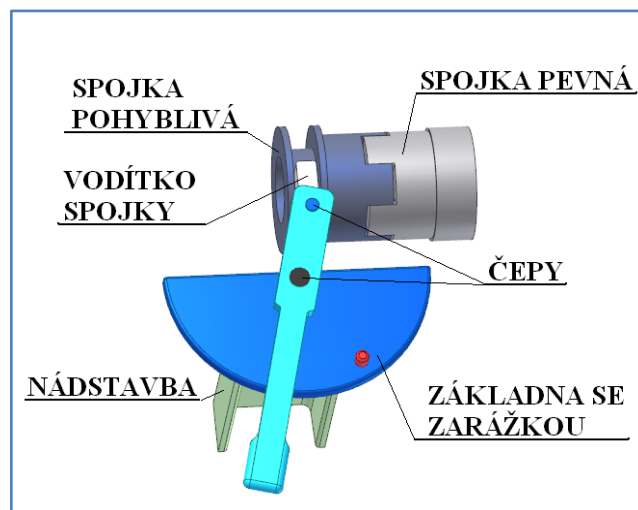
## 5.2 Mechanismus vypínání spojky

Další závadou při provozu zakružovačky je ovládání spojky náklonu válce (Obr. 42) pro zakružování kónusů. Možná, že v minulosti na tomto stroji tento mechanismus existoval, ale co je provozován u nás, tak chybí. Při přestavování válce se tedy postupuje tak, že se spojka rukou vysune, poté se protočí přestavení válce a nakonec se opětovně ručně zasune. Je to sice výhodné v tom, že lze ručně velmi jemně doladit rovnoběžnost válců, ale na druhé straně je zde nebezpečí, že obsluha při přestavování stlačí tlačítko a motor protočí hřídel. Hrozí zde riziko zachycení se točící se částí stroje. Nikde jsem však neviděl, jak přibližně tento mechanismus vypadá, tak provedu vlastní návrh. Navíc celý mechanismus bude zabezpečen bezpečnostním krytem tak, aby se nedal ručně otáčet a nemohlo dojít k ohrožení.



Obr. 42 *Spojka náklonu válce pro kroužení kónusů je bez ovládacího mechanismu*

Poněvadž spojka funguje pouze ve dvou polohách a to vypnuto – zapnuto, není třeba vyrábět žádný složitý mechanismus. Navíc k vypnutí spojky doposud stačila slabá síla ruky, tak mým odhadem budu počítat, že působením cca 15 kg na spojku ji bude možno přestavit zcela bezproblémově. Mým návrhem je jednoduchý pákový mechanismus, který bude přestavován do těchto dvou poloh. Páka nemusí být jištěna v polohách, pouze musí být omezen její chod, aby se nevysmeklo vodítko z drážky pohyblivé spojky (Obr. 43).

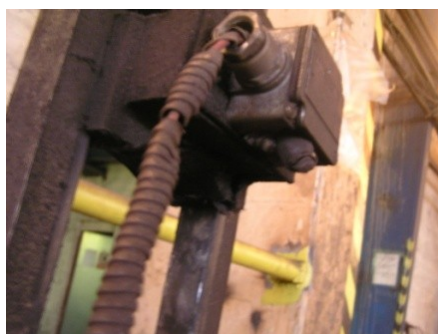


Obr. 43 Návrh ovládání spojky

### 5.3 Umístění koncového vypínače zdvihu válce

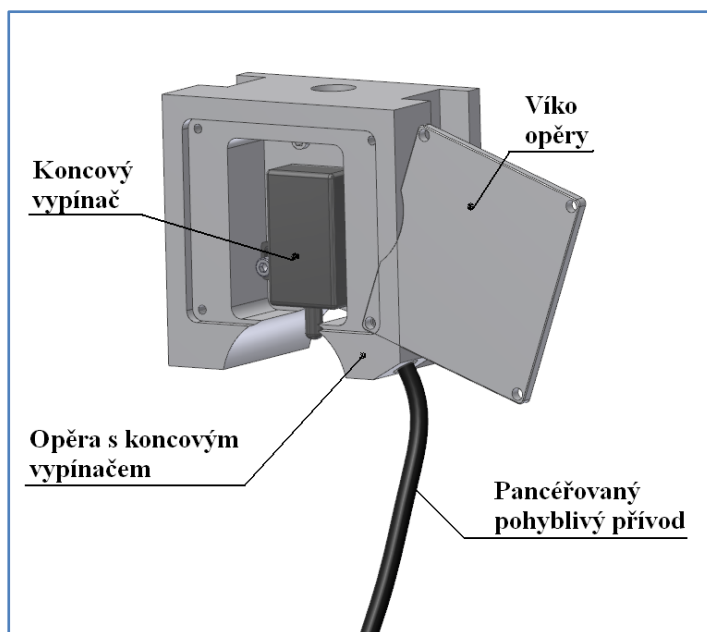
Jeho umístění je velmi nevhodné. Při manipulaci s materiálem je víc jak jisté, že hrozí jeho rozbití, případně poškození vedení kabelů. V nynějším stavu (Obr. 44) je navíc zcela nefunkční, tak při zdvihu válce je nutno dávat pozor, aby se s válcem nevyjelo výše, než je možné. Pokud se tak stane, je velké riziko ohnutí konce hřídele horního přitlačného válce, což má vliv na kvalitu zakružování. Při jeho vyhnutí jsou poté plechy místo kulaté, tak oválné.

Po zkreslení stávající situace jsem provedl návrh nového řešení, kde celý koncový vypínač (Příloha B) je uschovaný v samotné kostce opěry hřídele a přívodní vedení je chráněno před poškozením jeho skrytím vedle vodítek stavitelné opěry.



Obr. 44 Vadný a nevhodně umístěný koncový vypínač zdvihu

Návrh vyplývá z použití stávajících vodičků, do kterých je vložena nová opěrná kostka vyrobená z jednoho kusu materiálu. V této je vyfrézován otvor pro montáž koncového spínače. Tento je přišroubován dvěma šrouby M6 x 1- 35 ČSN 02 1143 s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem. Pomocí drážky na koncovém vypínači je možno provést seřízení momentu vypnutí zdvihu motoru a tím ochránit hřídel před ohnutím. Celý koncový vypínač (Příloha H) je zakrytý krytkou z plechu. Vývod drátů z vypínače je umístěn zespod opěry tak, aby byl chráněn vodičky a vedením v pancéřované trubce (Obr. 45).



Obr. 45 Opěra s koncovým vypínačem

## 5.4 Ovládání a elektroinstalace

Elektroinstalace stroje je původní. Označení kabelů je třeba změnit dle dnešních norem buď označovacími bužírkami, nebo výměnou za nové vedení. Samotný rozvaděč je ve špatném stavu. Jeho vybavení je zastaralé. Jištění celého stroje je provedeno pomocí patronových pojistek a neodpovídá dnešní třídě jištění. Celá skříň rozvaděče je netěsná a vlivem času je vidět, jak je celá elektrická soustava znečištěna prachem a špínou (Obr. 46). To nám dává vysoké riziko požáru. Navíc celý systém musí být uzamykatelný pro přístup neoprávněné osoby do rozvaděče a stroj zabezpečený uzamykatelným vypínačem proti zneužití neoprávněnou osobou. Stroj je ovládán nevyhovujícím tlačítkovým ovladačem, kde není zcela jasně popsáno ovládání.

Navrhuji, aby celý rozvaděč byl vyměněn za nový, odpovídající dnešním normám. Jištění stroje je třeba zaměnit za jističe a proudové ochrany, staré stykače za nové- bezpečnější typy. Všechny prvky musí být přehledné, řádně označené a dobře připevněné. Na dvířkách rozvaděče musí být elektrické schéma celého vedení. Skříň rozvaděče musí být chráněna proti rozbití a vždy dostupná. Od nového rozvodu je třeba zkreslit kompletní dokumentaci.



*Obr. 46 Pohled na stav rozvodné skříně zakružovačky*

## **5.5 Ostatní bezpečnostní prvky**

V poslední řadě bych chtěl podotknout, že dle ČSN 01 8010 a ČSN 01 8011 musí být každý stroj opatřen bezpečnostními náterý a značkami, které předchází vzniku úrazu.

V současné době je stroj celý v původní barvě zelené značně oprýskané a špinavé, bez dalšího jiného značení. Navrhuji, aby po úpravě byl natřen výraznější barvou - a to tyrkysovou RAL 6033 [12], která zvýrazní veškeré obrysy stroje. Na hranách provést žlutočerné označení z důvodu přenositelnosti stroje a tím zvýraznění jeho částí pro průchozí profil kolem stroje. Spodní rám z důvodu vyvýšené hrany podobné schodu označit žlutou barvou s černým šrafováním. Všechny ovládací prvky stroje by měli být odlišeny od ostatní konstrukce stroje a řádně označeny popisy, případně nálepkami (zapnuto - vypnuto, směr dolů - nahoru apod.) Taktéž musí být stroj uzamykatelný s upozorněním, že stroj může ovládat jen osoba tím pověřená a řádně proškolená. Elektroinstalační rozvaděč opatřit nálepkou nebezpečné napětí - životu nebezpečné, a také nehas vodními a pěnovými přístroji (ČSN 01 8011). Záchytné body pro převoz stroje označit a doložit váhu stroje.

## 6 Závěr

Diplomová práce je zaměřená na zakružovací stroj tříválcový typ XZM 2000/08 od slovenského výrobce „Strojárny Piesok“ a jeho úpravu rámu, který vykazuje nízkou tuhost a stroj je třeba dovybavit bezpečnostními prvky. Tuhost konstrukce rámu zakružovačky se projevuje při zakružování kuželů tím, že při záběru se pozdvihuje konec rámu. Je to dáno tím, že stroj má být na svém místě ukotven čtyřmi kotevními šrouby. Poněvadž však stroj používáme z důvodu místa jako mobilní, není možné toto ukotvení provést.

Na základě znalostí o stavu a také samotné obsluze jsem zpracoval a navrhnul zesílení rámu bez jeho výměny a demontáže včetně doplnění stroje tak, aby odpovídal dnešním bezpečnostním požadavkům. Cíleně bylo postupováno od měření, zkrusování dokumentace, výpočtu, zkoušení a pevnostní analýzy až do zdárného výsledku.

Pro hlavní výpočty a analýzu jsem využil program Invertor a jeho technologii ANSYS. Tato velmi přehledně vygenerovala výsledky pevnostní analýzy, z kterých byly provedeny postupně závěry. Při prvním ztužení rámu se však napětí přeneslo do místa litinové patky stolice, kde hrozilo její prasknutí. Proto byl rám přehodnocen, a tuhost snížena tak, aby se napětí rozneslo do rámu a zvýšila se bezpečnost. Konečným výsledkem je rám vyhovující všem požadavkům pevnosti a bezpečnosti. Nakonec jsem provedl návrh dovybavení a úprav stroje, aby vyhovoval bezpečnostním požadavkům.

Při provedení navrhovaných úprav bude možno stroj ještě dlouhodobě využívat pro potřeby firmy a dokáže udělat ještě mnoho kvalitní práce. Vložené investice nebudou vysoké, poněvadž veškeré opravy a úpravy lze provést v režii firmy s nízkými náklady. Myslím, že největší investicí bude materiál na elektrický rozvod. Proto návratnost této investice bude krátkodobá.

Doufám, že návrh bude uskutečněn a stroj bude ještě mnoho let plnit svoji funkci tak, jak je požadováno.

## **7 Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří spolupracovali při tvorbě této diplomové práce a pomohli při rozdělování stroje, zjišťování stavu a měření. Také děkuji své rodině, spolupracovníkům a garantovi diplomové práce za trpělivost a dobrou spolupráci, bez níž bych jen velmi těžko práci dokončil. Musím poděkovat i všem pracovníkům Vysoké školy báňské-Technické university v Ostravě za vše, co mě naučili a co budu moci doufám v životě zhodnotit, čehož si velmi vážím.



## 8 Citovaná literatura

- [1] ČERMÁK, Radek . *Bakalářská práce:Návrh mechanismu pro řešení pohybů při svařování tubusů velkých průměrů*: Ostrava : VŠB - TU OSTRAVA, 2009.
- [2] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Mechanická technologie: učebnice novátora*: 1. vyd. Praha: Práce, 1975, 359 s. ISBN 41403/63.
- [3] ROUND0, [www.trilogymachinery.com:http://www.trilogymachinery.com/PDFS/roundo3rootrilogy.pdf](http://www.trilogymachinery.com/PDFS/roundo3rootrilogy.pdf). [Online] [cit. 2012-03-15].
- [4] ROUND0, [www.trilogymachinery.com:http://www.trilogymachinery.com/PDFS/roundo4rootrilogy.pdf](http://www.trilogymachinery.com/PDFS/roundo4rootrilogy.pdf). [Online] [cit. 2012-03-17].
- [5] ROUND0, [www.roundo.com:http://www.roundo.com/index4.asp](http://www.roundo.com/index4.asp). [Online] [cit. 2012-03-20].
- [6] STROJARNE.PIESOK. *Návod k obsluhu a údržbe zakružovačky plechu XZMP 3150/16*. Piesok : Strojárne Piesok, 1982.
- [7] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
- [8] FOŘT, Petr a Jaroslav KLETEČKA. *Autodesk inventor: funkční navrhování v průmyslové praxi*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2007, 318 s. ISBN 978-80-251-1773-6.
- [9] ELPRIM. [www.elprim.cz:http://www.elprim.cz/trifazove.htm](http://www.elprim.cz/trifazove.htm). [Online] [cit. 2012-04-08]
- [10] ZELENÝ, Jiří a Jaroslav KLETEČKA. *Stavba strojů strojní součástí: Učebnice pro střední průmyslové školy*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2003, 157 s. ISBN 80-722-6311-0.
- [11] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí: Učebnice pro střední průmyslové školy*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIU, 2010, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [12] DISTELEC. [www.distelec.cz:http://www.distelec.cz/koncovyvyypinac/omron/](http://www.distelec.cz/koncovyvyypinac/omron/). [Online] [cit.2012-05-12]

## 9 Související dokumenty

ČSN 33 1500 *Elektrotechnické předpisy. Revize elektrických zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 1991. 12s.

ČSN 21 0316 *Tvářecí stroje. Tří a čtyřválcové zakružovačky. Geometrická přesnost*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 8s.

EN 1090-2 *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2011. 173s.

ČSN EN ISO 636 *Svařovací materiály - Tyče a dráty pro obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí wolframovou elektrodou v inertním plynu a jejich svarové kovy. Klasifikace*. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2009. 16s.

ČSN EN ISO 14 175 *Svařovací materiály - Plyny a jejich směsi pro tavné svařování a příbuzné procesy*. Brusel: Evropský výbor pro normalizaci, 2009. 12s.

ČSN 21 0731 *Tvářecí stroje. Tříválcové a čtyřválcové zakružovačky. Bezpečnostní požadavky na konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, 1988. 8s.

## 10 Seznam obrázků

Obr. 1	Ukázka a) ohraňovaného a b) zakružovaného kužele .....	10
Obr. 3	Soudkový efekt zakrouženého plechu .....	11
Obr. 2	Silové poměry ve vrstvách zakružovaného materiálu .....	11
Obr. 4	Postup stáčení plechů v tříválcové zakružovačce s ovládáním spodních válců [3] ...	12
Obr. 5	Vzniklá náběžná část a její oddělení před uzavřením do válce .....	12
Obr. 6	Postup stáčení plechů v čtyřválcové zakružovačce [4] .....	13
Obr. 7	Ukázka 4 válcové zakružovačky plechů Roundo PAS 360 x 6000 s opěrami [5] .....	14
Obr. 8	Zakružovačka profilů Roundo R-72-S (4) .....	15
Obr. 9	Nákres 3D původní skružovačky.....	17
Obr. 10	Částečně demontovaná zakružovačka XZM 2000/08.....	19
Obr. 11	Rozměrový náčrtek – boční pohled zakružovačky .....	20
Obr. 12	Rozměrový náčrtek hlavních rozměrů zakružovačky (nárys a půdorys).....	20
Obr. 13	Rám po demontáži .....	21
Obr. 14	Tvar a velikost vzorku pro měření .....	22
Obr. 15	Měřicí body .....	22
Obr. 16	Zakružování vzorku .....	23
Obr. 17	Měření malého poloměru .....	23
Obr. 18	Deformace hrany plechu při zaseknutí se do kamene .....	24
Obr. 19	Rozdíl maximálního napětí mezi U140 a zesíleným U140.....	27
Obr. 20	Rozdíl maximálního posunutí U140 a zesíleného U140 .....	27
Obr. 21	Rozdíl součinitele bezpečnosti U140 a zesíleného U140 .....	27
Obr. 22	Celkové schéma pohonu válců zakružovačky .....	28
Obr. 23	Štítek převodovky pohonu válců TS 030 341 z Přerovských strojíren .....	29
Obr. 24	Pohon válců ozubeným převodem za hlavní převodovkou .....	30
Obr. 25	Pohled na vložený výpalek a působení sil při skružování .....	31
Obr. 26	Detailní pohled na skruženec opírající se o opěrný kámen a rozložení sil.....	32
Obr. 27	Rozložení sil na válcové stolicí zakružovačky.....	33
Obr. 28	Rozdíl maximálního napětí v původním a příčně ztuženém rámu .....	34
Obr. 29	Rozdíl maximálního posunutí u původního a příčně ztuženého rámu.....	34
Obr. 30	Výsledek součinitele bezpečnosti obou posuzovaných rámu .....	35
Obr. 31	Porovnání velikosti napětí na rámech se stolicemi .....	36
Obr. 32	Porovnání velikosti posunutí na rámech se stolicemi .....	36
Obr. 33	Porovnání součinitele bezpečnosti původního a zesíleného rámu se stolicemi.....	37

<i>Obr. 34 Detail největší kumulace sil do patky stolice vyjádřeno bezpečností .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 35 Velikost napětí u křížově zavětrovaného rámu bez a se stolicí.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 36 Velikost posunutí u křížově zavětrovaného rámu bez a se stolicí .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 37 Velikost součinitele bezpečnosti u křížově zavětrovaného rámu bez a se stolicí.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 38 Výsledný rám zakružovačky se zeleně vyznačenými novými díly .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 39 Foto nechráněné spojky mezi hlavním motorem a převodovkou .....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 40 Řemenice zdvihu válců bez ochrany.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 41 Návrh bezpečnostních krytů (červeně vyznačené).....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 42 Spojka náklonu válce pro kroužení kónusů je bez ovládacího mechanismu .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 43 Návrh ovládání spojky.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 44 Vadný a nevhodně umístěný koncový vypínač zdvihu .....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 45 Opěra s koncovým vypínačem .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 46 Pohled na stav rozvodné skříně zakružovačky.....</i>	<i>46</i>

## **11 Seznam tabulek**

<i>Tab. 1 Zkouškou naměřené hodnoty .....</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 2 Výsledky hodnot pevnostní analýzy U140 a zesíleného U140.....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 3 Tabulka parametrů třífázových elektromotorů ELPRIM [9].....</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 4 Výsledky hodnot pevnostní analýzy původního a zesíleného rámu .....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. 5 Porovnání analýzy rámů se stolicemi.....</i>	<i>36</i>
<i>Tab. 6 Hodnoty křížově zesíleného rámu bez a se stolicí .....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 7 Výsledné porovnání všech variant rámů .....</i>	<i>39</i>

## **12 Seznam příloh**

<i>Příloha A Fotografie rozdělaného stroje</i>
<i>Příloha B Koncový vypínač Omron [10]</i>
<i>Příloha C Sestava původní zakružovačky</i>
<i>Příloha D Rozměrový výkres původní zakružovačky</i>
<i>Příloha E Rozměrový výkres původního rámu</i>
<i>Příloha F Sestavní výkres upravené zakružovačky</i>
<i>Příloha G Sestavní výkres upraveného rámu</i>
<i>Příloha H Výkres úpravy koncového spínače</i>

**Příloha A      Fotografie rozdělaného stroje**



*Zakružovačka po demontáži vrchního válce*



*Demontovaný vrchní válec*



*Pohled na demontovanou stolicí*



*Poškozený rám z důvodu převozu*



*Ložisko horního válce*



*Praskliny ve stolicí, důsledek neodborné obsluhy*



*Vydrážkované praskliny uhlíkovou elektrodou*




*Zavařené praskliny a zesílení stolice*

**Příloha B      Koncový vypínač Omron [12]**



<b>Typ</b>	D4N-4162
<b>Tištěný katalog</b>	Strana 1690 (Elektronika a automatizace)
<b>Výrobce</b>	Omron

**Technické dokumentace:**

<input type="checkbox"/>	Výstupní kontakt	1 rozpínací kontakt, 1 spínací kontakt
<input type="checkbox"/>	Tlačítko akčního členu	Jednosměrné rameno páky
<input type="checkbox"/>	Vývod	1 x M20
	Provozní teplota	-30...+70 °C
	Rozměry š x v x h	31 x 64 x 30 mm
	Krytí	IP 67
	Spínací prvky	2 mžikové kontakty
	Minimální spínací zatížení	1 mA @ 5 VDC
	Stálý proud	10 A
	Třída ochrany	II (ochranná izolace)
	RoHS	 RoHS shodný
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Plastové pouzdro</li> <li>● 2 nebo 3 mžikové nebo posuvné kontakty</li> <li>● Varianta se 2 kontakty: 1 klidový a 1 pracovní</li> <li>● Varianta se 3 kontakty: 2 klidové a 1 pracovní</li> <li>● 1 nebo 2 kabelové přívody M20 nebo PG13.5 nebo konektor M12 pro rychlé připojení</li> <li>● Pozlacené kontakty vhodné pro malá spínací zatížení</li> <li>● Vyhovuje normě EN 115 a EN 81-1 (eskalátory a výtahy)</li> <li>● Varianta s následujícími akčními členy: <ul style="list-style-type: none"> <li>páka s kladkou, R = 26 mm, plastová kladka o průměru 17.5 mm,</li> <li>oblý čep, zdvihátko s kladkou o průměru 6 mm,</li> <li>zdvihátko s kladkou, plastová kladka o průměru 9.5 mm,</li> <li>jednosměrné rameno páky, horizontální, plastová kladka o průměru 12 mm,</li> <li>přestavitelná páka s kladkou, plastová kladka o průměru 17.5 mm,</li> <li>přestavitelná páka s kladkou, pryžová kladka o průměru 50 mm</li> </ul> </li> </ul>		